Pat. 88
.A173
5
Smith

# MEMORIE

DELLA

# R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE

## DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA

---

**CLASSE DI SCIENZE FISICHE**

---

SERIE VII - TOMO IV

1916-17

Smithsonian Institution
OCT - 5 1922
259288
National Museum

# MEMORIE

DELLA

# R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE

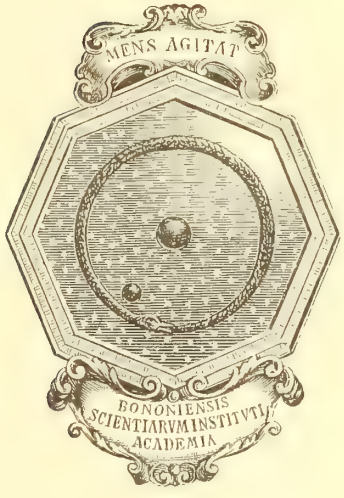
## DELL'ISTITUTO DI BOLOGNA

---

**CLASSE DI SCIENZE FISICHE**

---

SERIE VII – TOMO IV




259288

BOLOGNA
TIPOGRAFIA GAMBERINI E PARMEGGIANI
1917

# RICERCHE MICROSCOPICHE SUI CONGELATI

## CONTRIBUTO ALLA PATOGENESI DELLA CONGELAZIONE


MEMORIA

DEI

Prof. G. TIZZONI e Dott. G. DE ANGELIS



letta nella Sessione del 19 Novembre 1916.

(CON DUE TAVOLE)


È noto che la bassa temperatura esercita sull' uomo un' azione locale ed una azione generale, producendo nel 1° caso il congelamento, nel 2° l' assiderazione.

Esempi di congelamento si trovano frequentemente nei paesi nordici, specie nei nuovi venuti, ma anche più frequenti si riscontrarono negli eserciti durante campagne invernali combattute in climi freddi o freddo-umidi. Tutti conoscono a questo riguardo le vicende dell' esercito Napoleonico nella spedizione di Russia, e molti non ignorano che nella guerra di Crimea si ebbero molti congelati, che si fanno ascendere a 5290 casi con 1178 morti. Anche nella attuale campagna non mancarono casi di congelamento, e l' Italia, come le altre Nazioni, dovè pagare a questa malattia un largo tributo.

È nota pure la sintomatologia del congelamento e la sua antica classificazione in 3 gradi: 1° della tumefazione con arrossamento cianotico; 2° della vescicazione con produzione di flittene; 3° della necrosi, con le varie suddivisioni a seconda che i fenomeni distruttivi interessano solo le parti superficiali (epidermide-derma), invadono i tessuti molli sottostanti, o si estendono anche ai tessuti duri (cartilagini-ossa) determinando il distacco completo di una parte, vere e proprie automutilazioni.

Inoltre si conosce che i fenomeni locali, rispettivamente l' azione del freddo sui tessuti, dipende, non solo dal grado della bassa temperatura e dal tempo della sua durata sul corpo, ma anche dalle condizioni del mezzo perfrigerante, cioè se umido o secco, se in calma od in movimento. Al quale riguardo distinguonsi appunto due forme di congelamento; una data esclusivamente da temperature molto basse (40°-45°) e caratterizzata dalla rapidità con la quale si susseguono le varie fasi del processo, che in poco tempo arriva a determinare formazione di escare e caduta di parti; e l' altra in cui all' azione del freddo, tanto se di lunga durata quanto se più volte ripetuto, si unisce quella dell' umidità e talora quella del movimento dell' aria; forma questa che è caratterizzata da un decorso assai più lento dei fenomeni morbosi, i quali solo in secondo tempo, talora

dopo alcuni giorni, arrivano a produrre nelle parti congelate distruzioni più o meno profonde. Con tutta probabilità le differenti condizioni igrometriche dell' atmosfera sono la ragione per la quale dalla fronte delle alpi tridentine e delle alpi carniche, dove di solito si ha freddo intenso ma asciutto, si sono avuti pochi casi di congelamento, mentre se ne sono avuti moltissimi dalla valle dell' Isonzo, dove il termometro oscilla intorno a 0°, o scende poco al disotto, ma dove l' aria nella stagione invernale è ricca di umidità, a causa della natura argillosa del terreno e delle condizioni topografiche ed idrografiche della regione. In queste circostanze, perciò, dominano le perfrigerazioni di lunga durata o spesso ripetute, con freddo umido e con aria mossa.

Secondo Nansen i viaggiatori polari possono abituarsi poco a poco anche a temperatura molto bassa, di — 45° C., quando l' aria è calma.

Peraltro se molto si sa sui fenomeni, sul decorso, sugli esiti del congelamento, nonchè sulle condizioni sotto le quali esso si osserva più facilmente, invece poco o nulla si conosce sulle lesioni che l' azione del freddo determina sui tessuti e sulla loro patogenesi.

Questa lacuna, che le presenti ricerche mirano a riempire, è di somma importanza, oltre che per la scienza, anche per le sue pratiche applicazioni, perchè, senza la guida sicura che viene dalla conoscenza della patogenesi e delle lesioni anatomiche, non è possibile fare una terapia razionale.

Le ricerche relative alla congelazione furono fatte sugli animali e sull' uomo, sia al fine di ripetere sperimentalmente la malattia e di stabilire il rapporto che passa fra condizioni esterne note ed i varii gradi a cui può arrivare il processo, sia per studiare le alterazioni dei singoli tessuti e per rischiarare il meccanismo col quale esse si producono.

Le esperienze furono fatte per la massima parte nell' orecchio del coniglio; alcune nella coscia dello stesso animale o nella coda del topo; il congelamento della parte era determinato, ora con mescolanze frigorifere e con metalli fortemente raffreddati, ora con l' abbassamento della temperatnra prodotta da polverizzazioni di etere o con aria liquida.

Ma, come è facile a comprendere, in questi casi l' esperimento non riproduce per nulla, e non poteva riprodurre, le condizioni naturali nelle quali si verifica il congelamento, sia perchè la pelle degli animali, anche per la presenza dei peli, non può considerarsi del tutto identica nella struttura e nella funzione a quella dell' uomo, sia perchè il mezzo usato non rappresenta che uno dei fattori i quali intervengono nel congelamento, la bassa temperatura, sia perchè la sua azione è troppo brusca, molto più brusca di quella che suole avvenire nell' uomo.

Perciò riteniamo che l' esperimento sia insufficiente a risolvere i sopra indicati problemi ed a rischiarare il meccanismo col quale si determina il congelamento quale avviene per condizioni naturali, cioè per influenza del freddo-umido con aria più o meno mossa; al più i risultati ottenuti da tale esperimento potranno applicarsi al congelamento prodotto dal freddo asciutto e serviranno ad illustrare le alterazioni che la bassa temperatura è capace di produrre in modo diretto sui tessuti.

Riguardo ai rapporti fra intensità del freddo e lesioni locali, il C o h n h e i m ha trovato con esperimenti sugli animali fatti a mezzo di mescolanze frigorifere che a — 6° C. si produce

un semplice arrossamento il quale presto sparisce; che a — 7°, — 8° si ha arrossamento e leggera tumefazione pastosa che risolvono in 1-2 giorni; che a — 10°, —14° si produce una forte tumefazione che regredisce lentamente, spesso accompagnata da sollevamento di epidermide; che a —15°, —18°, —20° si ha più forte tumefazione, suppurazione, distruzione dell' epidermide e mummificazione della parte.

Intorno al rapporto fra la durata d' azione del freddo ed i sintomi che ne susseguono, il Kriege stabilisce mediante esperimenti fatti sull' orecchio del coniglio con polverizzazioni d' etere, che se il raffreddamento della parte è di breve durata, dopo 4-6 giorni si ha la risoluzione completa dei fenomeni locali senza necrosi; se di più lunga durata, più gravi sono i fenomeni infiammatori e parte dell' orecchio si mummifica.

A sua volta Pictet, servendosi di lastra metallica raffreddata a — 80°, ha studiato la riproduzione sperimentale della malattia nell' uomo; nel quale ha potuto osservare che se il contatto con questa lastra raffreddata a — 80° è di breve durata, allora si ha un vivo dolore alla parte simile a quello che produce il pinzo di una vespa, e nel giorno successivo si osserva in corrispondenza di questa specie di *bruciatura da freddo*, un forte arrossamento della parte, che dopo 24 ore assume una colorazione bluastra, e che produce moderato pizzicore e sparisce dopo 5-6 settimane. Con un più lungo contatto o con la diretta azione dell' aria liquida, la pelle si discioglie molto rapidamente in un detrito, sotto una suppurazione di lunga durata.

Basta per poco considerare questi esperimenti per avere la piena conferma di quanto dicevamo sopra, cioè che i mezzi artificiali sono ben lungi da riprodurre le condizioni nelle quali ordinariamente si verifica nell' uomo il congelamento; e che le lesioni con essi prodotte, in cui i fatti infiammatori hanno una parte non indifferente, sono molto diverse da quelle che si determinano spontaneamente per effetto del freddo-umido, e somigliano assai più a quelle che i bassi gradi di temperatura producono per azione diretta sui tessuti.

Riguardo alle alterazioni che conseguono alla congelazione sperimentale, molti hanno dato un valore speciale al disturbo di circolo, e ciò anche in considerazione dei fenomeni clinici che si producono in primo tempo nell' uomo per azione del freddo, specie nelle perfrigerazioni di lunga durata o spesso ripetute con freddo-umido, anche se la temperatura oscilla verso 0°, cioè allo arrossamento della pelle che presto assume un colore cianotico e si accompagna a rapida tumefazione della parte congelata.

Così il Samuel, raffreddando l' orecchio del coniglio con polverizzazioni d' etere, vide prodursi dapprima un ristringimento delle arterie, seguito poco dopo da una dilatazione vasale con tutti i segni di un' infiammazione acuta; quando l' azione del freddo durava più a lungo, allora il disturbo di circolo arrivava alla stasi, alla coagulazione del sangue nei vasi, alla gangrena.

Quanto alle alterazioni microscopiche del sistema vascolare, il Kriege ammette che i disturbi di circolo sopra ricordati siano eccezionalmente accompagnati da una degenerazione jalina dei fasci connettivi e delle pareti vasali, specie della tunica media delle arterie; degenerazione che vuole sia distinta dalla necrosi da coagulazione nel senso di Cohnheim-Weigert.

Invece Rischpler, sotto la guida di Marchand, avrebbe trovato costantemente nelle orecchie del coniglio congelato con polverizzazione d'etere (--16°), alterazioni delle pareti vascolari con distacco delle cellule endoteliali e trombosi limitata solo ad alcuni distretti vascolari. Dei fenomeni infiammatori consecutivi a questa alterazione dei vasi, l'edema comincerebbe prestissimo, dopo 20', la posizione marginale dei leucociti dopo 3 ore.

Che poi i muscoli lisci della tunica media delle arterie possano alterarsi per influenza *diretta* del freddo, questo è dimostrato dalle esperienze dello stesso Rischpler e confermato da quelle di Zoege von Manteuffel.

Per riguardo alle alterazioni degli altri tessuti, Uschinsky dimostra nell'orecchio congelato mediante polverizzazioni d'etere, vacuolizzazione e caduta delle cellule epiteliali, che si manifestano appena la dilatazione dei vasi ha portato ad emigrazione dei leucociti; egualmente Fuerst, producendo con esperimenti simili raffreddamenti di breve durata ripetuti ad intervalli, trovò nei tessuti congelati leggieri fenomeni degenerativi, vacuolizzazione delle cellule e comparsa di corpi jalini; fenomeni degenerativi che erano seguiti più tardi da una rapida ed irregolare rigenerazione. Sempre con lo stesso metodo sperimentale il Rischpler osservò che tutti i tessuti, epidermide, cute, cartilagine, nervi e vasi soffrono per influenza della bassa temperatura, e dimostrò in modo particolare che il disturbo di quei tessuti cresce col grado della perfrigerazione. Alla comparsa dei vacuoli nel protoplasma segue il disgregamento dei nuclei; finalmente si ha necrosi e distruzione nucleare e cellulare.

Fra le varie alterazioni dei tessuti, richiamarono in modo speciale l'attenzione quelle del tessuto muscolare; anche perchè questo tessuto si presta meglio di qualunque altro a stabilire se le alterazioni riscontrate sono in rapporto diretto od indiretto con l'abbassamento della temperatura, ossia se derivano direttamente dal congelamento o piuttosto dalla ischemia che questo produce.

A tale proposito lo stesso Rischpler praticando eterizzazione profonda nella cavia, riscontrò nei muscoli congelati perdita della striatura trasversale, frammentazione e disfacimento della fibra in pezzetti irregolari, omogenei o granulosi. A questa prima fase degenerativa tengono dietro fenomeni rigenerativi in forma di moltiplicazione e di accumulo dei nuclei. Nella rana e nel coniglio ebbe risultati identici, cioè frammentazione delle fibre muscolari in blocchi grossolani splendenti; ed in molte, la completa distruzione della sostanza contrattile in un fino detrito. Ciò prova che i muscoli striati sono molto sensibili alla azione diretta del freddo.

Questi risultati sperimentali trovarono conferma nelle ricerche fatte sull'uomo da Benndorf e Kraske, i quali in due casi di congelamento, che duravano rispettivamente 1-4 settimane, trovarono degenerazione cerea e granulare delle fibre muscolari, con contemporanea neoformazione cellulare rigeneratoria; più accentuata questa nel secondo caso dove era anche maggiormente sviluppata l'infiltrazione infiammatoria.

Qui risulta chiara la differenza fra il reperto sperimentale e quello dell'uomo; differenza che, con tutta probabilità, trova la sua ragione nel fatto di essere il primo un effetto diretto del congelamento, il secondo invece rappresentare niente altro che una lesione

ischemica. Infatti nel congelamento di breve durata dei muscoli, come quello col quale sono state prodotte per la massima parte le lesioni sopra riferite, non può parlarsi manifestamente di lesione ischemica.

Al quale riguardo il Volkmann distinguerebbe anche nell' uomo due specie di alterazioni muscolari da freddo; una con disfacimento a zolle della sostanza contrattile senza la totale distruzione dei nuclei, come avviene nel tifo, ed una con disfacimento a dischi e con completa scomparsa dei nuclei.

Intorno alla patogenesi di questo processo, vale a dire intorno al meccanismo col quale il freddo produce i sintomi e le alterazioni proprie del congelamento, le opinioni non sono del tutto concordi, mancando ancora una solida base anatomica per giudicare.

In proposito bisogna considerare a parte i due momenti principali del processo e stabilire separatamente:

1.° Come si determina il congelamento.

2.° Come il congelamento conduce alle alterazioni secondarie dei tessuti ed alla gangrena.

Il concetto patogenetico dominante è che il freddo agendo direttamente o per via reflessa sulla parete dei vasi determini un disturbo della circolazione, rappresentato dapprima dalla contrazione delle piccole arterie che rapidamente si propaga alle arterie più grosse, alla quale tiene dietro con maggiore o minore sollecitudine la loro dilatazione, da cui il forte rossore della parte. Il disturbo della circolazione, poi, varierebbe secondo il grado della perfrigerazione, andando da una modica contrazione delle arterie, ad una sospensione completa della circolazione.

Altri, come il Kriege, non limitano gli effetti primitivi del freddo a puri fatti biologici dell' apparecchio vascolare come quelli sopra indicati, ma pensano che la perfrigerazione produca, come primo fenomeno patologico, la comparsa di trombi granulari di piastrine in seguito ad alterazione *ancora indefinita* della parete vascolare.

Che se divergenze grandi si trovano nello spiegare i fenomeni primitivi, divergenze anche maggiori si riscontrano nello spiegare le conseguenze ultime della congelazione, vale a dire le alterazioni distruttive dei tessuti, la gangrena della parte.

Qui è opportuno richiamare alla mente la distinzione fondamentale che abbiamo fatta altra volta, cioè la distinzione della *gangrena da congelazione* dalla *gangrena da freddo*; la prima essendo prodotta dalla azione molto intensa del freddo di per sè che colpisce ad un tempo vasi e tessuti, e che trova ampio riscontro nella maggiore parte dei risultati sperimentali di sopra riferiti; la seconda essendo causata da modico freddo, ma col concorso della umidità atmosferica e del movimento dell' aria.

È sopra quest' ultima che bisogna fissare la nostra attenzione come quella che si adatta al caso nostro e che offre le maggiori divergenze d' interpretazione.

Esclusa in queste circostanze una diretta azione del freddo che leda profondamente la vitalità dei varii tessuti e porti in tal modo alla distruzione della parte, la maggioranza dei patologi, anche senza negare che l' abbassamento della temperatura possa portare direttamente un certo disturbo delle cellule e delle pareti vascolari, fanno risalire le principali conseguenze della congelazione alla occlusione trombotica delle arterie afferenti.

Così la pensano Marchand, Hodara; ed anche il Rischpler ammette che la necrosi sia favorita dalla stasi e dalla trombosi dei vasi. Analogamente Cohnheim riporta l'edema e l'infiammazione alle alterazioni *ignote* delle pareti vasali; la necrosi alla stasi conseguente.

Riassumendo, nella gangrena da congelamento il freddo intenso ma secco agirebbe contemporaneamente sui vasi e sui tessuti e produrrebbe lesioni cellulari distruttive dirette; invece nella congelazione prodotta da freddo-umido la bassa temperatura eserciterebbe la sua azione preferibilmente ed esclusivamente sull'apparecchio vascolare, determinando, dapprima contrazione delle arterie, poi la loro dilatazione, il rallentamento del circolo, la stasi, la trombosi, da cui i fatti degenerativi secondari dei tessuti, la distruzione, la gangrena della parte.

Come si rileva da quanto si é finora riferito, la questione più oscura del processo in parola è quella che più interesserebbe conoscere per arrivare alla sua interpretazione scientifica e per dedurne razionali indicazioni terapeutiche, cioè come il freddo determina il disturbo vascolare primitivo, causa del congelamento da freddo-umido e delle sue conseguenze; e più precisamente se tale disturbo vascolare avvenga per puro fatto biologico o per alterazione primitiva, *finora sospettata ma non ancora chiaramente dimostrata*, che la bassa temperatura determina sulla parete dei vasi.

Anche maggiori dubbi e più dolorose incertezze abbiamo sulle ragioni che rendono permanente il disturbo vascolare o che ne aggravano gli effetti idraulici conducendo alle conseguenze ultime del congelamento, alla distruzione, alla gangrena della parte.

Queste lacune abbiamo cercato di riempire con le presenti ricerche che riferiamo volentieri anche perchè, come abbiamo veduto, sono poche le conoscenze che si hanno finora sul reperto microscopico nei congelati; e tanto relativamente allo apparecchio vascolare quanto in rapporto agli altri tessuti.

Tre sono i casi da noi studiati; due che ci pervennero dal Comando Supremo per squisita gentilezza del Magg. Med. Dott. Casali e del Cap. Med. Dott. Pullè che qui ci piace sentitamente ringraziare; ed uno che potemmo avere dall'ospedale C. R. di Arta per la cortesia del Cap. Med. Dott. Rossi al quale porgiamo pure i nostri vivi ringraziamenti. Come si vede il numero delle osservazioni nostre è troppo limitato per concludere in modo definitivo; nonostante crediamo opportuno riferirle qui brevemente, tanto per l'importanza del reperto microscopico da noi rilevato e per le applicazioni pratiche che possono dedursi, quanto perchè tali osservazioni possano servire ad altri di stimolo e di guida per più larghe ricerche nella prossima campagna invernale.

Dei casi da noi studiati, due erano morti di forma lenta, il terzo di forma acuta in seguito a complicanza d'infezione tetanica; in tutti e tre gli ammalati quando avvenne la morte si era già verificato la distruzione e la caduta di parti più o meno estese del piede.

In questi tre casi, è bene dirlo fin d'ora, le alterazioni riscontrate al microscopio furono del tutto identiche, tanto per sede quanto per natura del processo; solo tali alterazioni presentavano intensità diversa in rapporto con la gravezza della malattia e con l'acutezza con la quale il processo si era svolto.

La prima nostra attenzione fu portata sul sistema nervoso, dati i disturbi (dolori nevralgici, iperestesie, parestesie, anestesie, alterazioni trofiche) che precedono, accompagnano o seguono gli altri fenomeni proprii del congelamento, ma subito dovemmo convincerci della sua integrità, almeno per quanto riguarda i grossi tronchi nervosi che accompagnano i vasi e che facilmente poterono essere rintracciati e studiati in sezioni longitudinali e trasversali.

Infatti l'attento esame di questi nervi, come riproduce benissimo la fig. 1, ci dimostrava normale il connettivo di sostegno (epinevrio, perinevrio, endonevrio), mancanza in esso di qualsiasi infiltrazione di siero e di leucociti, normali e non affatto deformate le fibre nervose, nelle quali si riusciva ancora a distinguere il cilindro dell'asse in mezzo ad uno spazio chiaro, a contorno regolare, formato dalla guaina midollare; nessuno aumento od alterazione dei nuclei della fibra nervosa.

Con questo si esclude che il freddo-umido possa determinare alterazioni primitive del sistema nervoso spinale e che a questo si debbano principalmente gli effetti della perfrigerazione. Ciò senza negare che disturbi od alterazioni primitive possano avvenire nelle estremità nervose; senza negare che anche nei tronchi nervosi possano verificarsi lesioni secondarie, sopratutto in corrispondenza dei focolai gangrenosi.

Non possiamo affermare con le nostre osservazioni che fossero egualmente normali le fibre del simpatico; ma ci sembra che ciò sarebbe in contrasto con la permanenza e la durata dei disturbi di circolo e con le alterazioni che descriveremo nei vasi sanguigni.

Dato quindi il reperto da noi ottenuto a riguardo del sistema nervoso, tutto porta ad ammettere che i nervi offrano una discreta resistenza di fronte al freddo-umido capace di dare fenomeni di congelazione; quindi i sintomi nervosi che precedono ed accompagnano questo processo devono trovare la loro ragione in alterazioni di altre parti, o nel disfacimento che essi in seno al focolaio gangrenoso debbano subire come qualunque altro tessuto.

Molto importanti sono invece le lesioni da noi riscontrate nei vasi sanguigni ed in particolar modo nelle arterie. Queste, anche ad una certa distanza dal focolaio gangrenoso, presentano costantemente lesioni a vario grado dell'apparecchio elastico, della elastica interna, che nelle forme meno avanzate si presenta come spezzettata o con discontinuità più o meno grandi, conservando solo in brevi tratti del contorno dell'arteria aspetto normale.

Abbiamo quindi una forma distruttiva dell'elastica che in primo tempo non è generale, ma che più tardi acquista maggiore estensione interessando in ultimo tutto il lume del vaso, il quale così viene ad essere privo in ogni sua parte dello apparecchio elastico (fig. 2).

Quando il processo ha raggiunto il suo massimo sviluppo, anche gli ultimi resti dell'elastica spariscono ed al suo posto rimangono qua e là spazi lineari vuoti nella parete del vaso, subito al disotto dell'intima già discretamente ispessita; spazi che indicano la posizione dove prima si trovava l'elastica e che qualche volta arrivano a scollare l'intima sovrastante in quelle parti dove apparisce più sottile (fig. 3).

Questo processo ha tendenza a diffondersi dall'elastica alla tunica muscolare sottostante che interessa, talora in forma di grossi focolai di degenerazione come chiazze allungate di aspetto vitreo sopra alle quali l'intima apparisce ordinariamente sfaldata e sollevata a guisa di lembo (fig. 6), talora diffondendosi in modo uniforme alla contigua tunica media, determinando una necrosi generalizzata delle fibre muscolari che la compongono, il cui nucleo non si colora più con i soliti colori di anilina e la sostanza contrattile apparisce come un blocco di materia omogenea tinta uniformemente in violetto sporco. Le fig. 4 e 5 fotografate a piccolo ingrandimento dimostrano chiaramente la presenza, la posizione, l'aspetto di una o di due di queste placche necrotiche esistenti nelle pareti di una piccola arteria; la fig. 6 ritratta a piú forte ingrandimento ne riproduce i particolari.

Di contro alle alterazioni della elastica, estendentisi in modo uniforme od a focolai nella sottostante tunica muscolare, la tunica interna non rimane indifferente. Già all'inizio del processo, nei punti nei quali l'elastica è spezzettata ed in parte scomparsa, così da non osservarsene più che pochi resti, la corrispondente porzione dell'intima è tumefatta, ingrossata, più ricca di nuclei. Nell'ulteriore progresso di questa lesione l'ingrossamento dell'intima diviene maggiore e si sviluppano da essa mammelloni, bitorzoli, verrucosità di tessuto connettivo che sporgono nel lume dell'arteria; la quale viene così ad essere ristretta od in parte ostruita, non interessando la neoformazione dell'intima in modo regolare tutto il contorno del vaso. Nella sua ultima fase questa endoarterite obliterante mostra tendenza a passare alla fase sclerotica, contribuendo anche per tale esito a determinare la deformazione dell'arteria.

Le fig. 4 e 5 dimostrano a piccolo ingrandimento l'ingrossamento irregolare che avviene secondariamente nell'intima ed il conseguente ristringimento, deformazione, ostruzione del lume del vaso. Le fig. 2 e 3 riproducono lo stesso fatto a più forte ingrandimento e ne dimostrano i particolari, tanto nelle fasi meno avanzate (fig. 2), quanto nelle fasi in cui il processo ha raggiunto il più alto sviluppo (fig. 3).

Dunque l'intima, di fronte al processo che interessa primitivamente l'elastica e successivamente la sottostante tunica muscolare, non rimane del tutto indifferente, ma si comporta in modo identico a quello che si verifica nell'arteriosclerosi dopo avvenuta la lesione e la distruzione dell'apparecchio elastico. Infatti in ambidue i casi la tunica interna subisce un rapido e considerevole ingrossamento, che ha la sua ragione nella rottura dell'equilibrio fisiologico fra gli strati interni della arteria, ed al quale si è attribuito il significato di una vera *ipertrofia compensatrice*, in quanto mira a compensare la minore resistenza del vaso che proviene dalla lesione distruttiva della elastica e di buona parte della tunica muscolare.

Nulla di anormale si osserva nella avventizia.

Di contro a queste lesioni delle arterie le corrispondenti vene presentano pure alterazioni molto importanti, che si determinano in modo del tutto secondario, per effetto del conseguente rallentamento della corrente sanguigna. Tali lesioni consistono in una infiltrazione sieroso-sanguinolenta della parete della vena che smaglia i fasci delle fibre con-

nettive e muscolari, portando ad una specie di tumefazione della parete stessa e venendo così a ristringere considerevolmente il lume del vaso (fig. 7). Alcune volte l'infiltrato sieroso-emorragico si accumula in maggior quantità al disotto dell'intima, la quale in tal modo viene ad essere scollata ed a formare come una piega che sporge entro il lume del vaso ostruendolo parzialmente (fig. 8).

Dopo i vasi sanguigni, i muscoli striati sono quelli che nella gangrena a frigore presentano le maggiori alterazioni. Infatti esaminando i fasci muscolari della regione dove sono state trovate le alterazioni vascolari sopra descritte, vale a dire a qualche distanza dal focolaio necrotico, si vede anzitutto che ciascuna fibra muscolare è separata dal tessuto connettivo di sostegno da un grosso spazio chiaro, dato con tutta probabilità da infiltrazione sierosa; più si notano, tanto in sezioni longitudinali quanto in sezioni trasversali delle fibre medesime, due forme distinte di alterazioni. In una prima forma la fibra muscolare ha completamente perduta la sua striatura e la sostanza contrattile apparisce come un blocco omogeneo, splendente, senza nuclei, spesso con fenditure nel suo interno, del tutto simile a quanto si osserva nella necrosi ischemica (fig. 9).

Nell'altra forma, la fibra muscolare ha perduto egualmente la striatura, ma conserva la sua forma ed apparisce a fondo granuloso, sul quale spiccano numerose gocciolette di varie dimensioni che si colorano fortemente con l'ematossilina e con la fucsina e che somigliano molto alle gocciolette di cromatina che si formano nella cariolisi. Anche qui non è più possibile distinguere i nuclei della fibra muscolare (fig. 10). In una fase successiva queste fibre sono invase da globuli bianchi richiamati in discreta quantità da connettivo circostante; globuli che formano nello interno della sostanza contrattile delle fenditure che la percorrono in tutti i sensi, provvedendo così al suo spezzettamento ed alla sua definitiva scomparsa (fig. 11).

Queste due forme di alterazioni delle fibre muscolari, ora si trovano riunite nello stesso fascio, ora sono nettamente separate e riunite ciascuna in fasci distinti. Noi riteniamo che tanto l'una quanto l'altra forma di tale alterazione debba essere interpretata come lesione necrotica secondaria, vale a dire come vera necrosi ischemica, e che le differenze notate dipendano esclusivamente dal modo più o meno lento col quale avviene il disturbo di nutrizione e si determinò la morte della fibra muscolare.

All'infuori dei vasi e del tessuto muscolare, gli altri tessuti presentano poche o nessuna alterazione. Il connettivo nella generalità si presenta di aspetto normale; solo in alcune parti i fasci delle fibre connettive sono come rigonfiati, di aspetto più omogeneo, e gli spazi che li separano sono dilatati e come infiltrati di siero; eccezionalmente presenta aumento dei globuli bianchi, ciò che avviene di regola dove trovasi del grasso in riassorbimento, delle fibre muscolari profondamente alterate e prossime ad essere allontanate e distrutte.

In conclusione, l'aumento dei globuli bianchi che si riscontra in punti limitati e ben determinati del tessuto connettivo non è affatto l'espressione di un processo infiammatorio; bensì serve a testimoniare la presenza di focolai necrotici, attorno ai quali si raccolgono appunto i leucociti per concorrere con la loro azione fagocitaria alla distruzione ed alla

scomparsa degli elementi colpiti da morte. Se ne deduce da ciò che la lesione dei vasi non è di tale ordine da condurre alle note caratteristiche del processo infiammatorio, ma da produrre esclusivamente fatti di distruzione.

Questa conclusione trova piena conferma nello studio dei tessuti superficiali del corpo, i quali per la loro posizione meglio si trovano in condizione di reagire agli stimoli che vengono dall' esterno, la pelle, cioè, e la superficie cruenta che risulta dal distacco della parte gangrenata. Infatti la pelle, salvo un leggiero rigonfiamento dei fasci del tessuto connettivo sottocutaneo con sensibile dilatazione degli spazi che li separano, si dimostra normale in tutte le sue parti; nè presenta in alcun punto apprezzabile aumento di leucociti.

L' epidermide, il derma non si distinguono affatto da quelli di una persona sana; così le glandule sudorifere, i peli e tutte le altre parti che compongono la pelle. Nè può darsi grande valore alla forma reticolare che si osserva nelle parti profonde dello strato corneo, e qualche volta al sollevamento dello intiero strato in forma di piccola bolla, ciò essendo la diretta e necessaria conseguenza dell' edema che si riscontra in tutto il tessuto connettivo, derma compreso.

La superficie cruenta che risulta dal distacco della parte necrosata è ricoperta interamente da un tessuto connettivo di neoformazione; ma questo, in luogo di contenere buone granulazioni, ha tutti i caratteri di una piaga atonica a fondo calloso senza nessuna tendenza alla cicatrizzazione. Infatti, esaminando una di queste piaghe, si vede un primo strato esterno formato dal solito detrito granuloso, poi uno strato piuttosto sottile di tessuto connettivo giovane povero di vasi e di cellule, con sostanza fondamentale omogenea, mucosa; e subito al di sotto un alto strato di tessuto connettivo stipato con grossi fasci fibrosi e con vasi a parete ben distinta come quella dei vasi adulti (fig. 12).

Da ciò si comprende perfettamente perchè queste piaghe hanno un decorso lentissimo e perchè impieghino sempre molto tempo a guarire.

Riguardo ai fenomeni generali che accompagnano la gangrena da freddo, essi sono ben noti nelle loro manifestazioni, ma non è possibile stabilirne sicuramente la causa e darne un esatta spiegazione scientifica.

È fuori di contestazione che i congelati, specie quelli di 3° grado, presentano un quadro classico generale di qualche importanza che riveste sempre lo stesso tipo; mostrano cioè uno stato di prostrazione generale, di stupore; appariscono subcoscienti, e lasciano rilevare tremori muscolari come quelli che si osservano nei tifosi; il polso è frequentissimo, 120-130 puls., anche quando la temperatura non è troppo elevata (38-38.5); spesso notasi diarrea. Le orine in generale sono normali per qualità e quantità.

La coltura del sangue fatta col metodo del lavaggio più volte ripetuto, come si usa con molto vantaggio in questo Istituto, in alcuni casi ci ha dimostrata la presenza di saprofiti banali, probabilmente penetrati in circolo dal focolaio gangrenoso, e null' altro; per cui, data nelle singole osservazioni la variabilità del reperto batteriologico, che faceva rilevare ora dei cocchi, ora dei bacilli, variabilità che contrasta con la fissità del quadro clinico, si rende verosimile l' ipotesi che tali fenomeni, più che a forme saprofitiche o settiche, siano dovuti all' azione di speciali citotossine liberatesi dai tessuti in distruzione; tossine

che per la loro azione elettiva sul cuore e sul sistema nervoso, dovuta forse alla loro speciale origine da determinati tessuti, si distinguono nettamente da quelle che devono formarsi nella ustione.

Infatti, nella ustione, l' epidermide ed il derma sono interessati in maggiore proporzione dei tessuti profondi, mentre nella congelazione la lesione colpisce sopratutto il tessuto vascolare ed il tessuto muscolare; ora, mentre nel primo caso si formano tossine che hanno azione elettiva sul rene, ed a mezzo della lesione di questo agiscono sul sistema nervoso, invece nella congelazione si formano dai vasi e dai muscoli prodotti che esercitano primitivamente la loro influenza sul cuore e sul sistema nervoso rispettando completamento il rene.

Alla congelazione di 3° grado si associano spesso altre infezioni, specialmente il tetano. Già Valette in 361 congelati aveva avuto 101 casi di morte di cui 6 per tetano; Chotart aveva a sua volta osservato 12 casi di tetano su 15 morti per congelazione; ed anche noi nella attuale campagna di guerra abbiamo dovuto registrare frequentemente il tetano nei congelati, specie prima che dallo Ispettorato di Sanità Militare fossero date le opportune disposizioni perchè l' iniezione antitetanica preventiva in questi casi fosse ripetuta 2-3 volte. In proposito vedasi la Memoria del Cap. Prof. G. Vernoni di questo Istituto riguardante i risultati ottenuti nella cura del tetano col nostro siero in cui sono riportati casi di tetano occorsi nei congelati.

Qui vogliamo solo ricordare come il tetano nei congelati presenti una particolare gravezza ed un decorso rapidissimo, tanto da uccidere in 24 ore o meno per lesione bulbare, prima ancora che le scosse e la rigidità tetanica siano arrivati a grado molto elevato. Ciò devesi indubbiamente al fatto che in questi casi si sommano gli effetti di due veleni che agiscono elettivamente sul sistema nervoso, specie sul bulbo, le citotossine che provengono dalla gangrena da freddo e la tossina del tetano.

Che la semplice distruzione di un tessuto qualsiasi non sia per se stessa sufficiente ad aggravare il tetano, e che le citotossine della ustione siano differenti nella loro azione da quelle della congelazione, questo ci fu chiaramente provato da un caso di tetano in un ustionato osservato in questa Clinica Chirurgica e da noi curato felicemente col nostro siero. Si trattava di un soldato che per lo scoppio di una bomba incendiaria ebbe ustionata, sopra l' altipiano di Asiago, tutta la parte anteriore del corpo, meno la faccia e le braccia, e nel quale, dopo alcuni giorni, si manifestò il tetano.

Ebbene in questo caso, nonostante l' estesa e profonda ustione, l' infezione tetanica fu di mediocre gravezza ed ebbe un decorso piuttosto lento, in modo da dare il tempo ad una cura efficace col siero; dimostrando in tal modo come le due malattie, a differenza di quello che accade nei congelamenti, siano decorse ciascuna per proprio conto senza influenzarsi a vicenda e sommarsi nei loro effetti dannosi.

I risultati delle nostre ricerche ci permettono pertanto di arrivare a conclusioni molto importanti relative al modo di essere, alla patogenesi della lesione locale nella congelazione da freddo-umido, ed alle relative indicazioni terapeutiche.

Dai fatti sopra esposti apparisce chiaro che il freddo-umido, quando agisce a lungo o la sua azione si ripete più volte, determina una lesione primitiva della parete delle arterie, la quale ha origine dallo apparecchio elastico, che rapidamente si rigonfia, si spezzetta e si distrugge; da ciò la perdita del tono vascolare, il rapido abbassamento della pressione arteriosa locale, la dilatazione dei vasi, il rallentamento della circolazione, che dominano tutto il processo, e che per la loro lunga durata, come per le gravi conseguenze che ne derivano, non possono essere interpretati come semplici disturbi vaso-motori.

I fenomeni vascolari primi insorti, ai quali si deve l'arrossamento cianotico e la tumefazione edematosa che si riscontra nelle prime fasi del processo, sono aggravati più tardi dalla estensione della lesione dalla elastica alla muscolare e dalla endoarterite obliterante che ne consegue come fatto di compenso, nonchè dalla infiltrazione edematosa delle pareti delle vene con ristringimento del loro lume.

In tal modo l'ostacolo meccanico derivante dalla proliferazione dell'intima, causa il ristringimento del vaso che essa produce, concorre con la perdita della elasticità e della contrattilità ad abbassare ancora più la pressione arteriosa, mentre dall'altro lato la tumefazione della tunica delle vene, rende più difficile il deflusso del sangue venoso.

Si comprende poi come, una volta costituitosi il disturbo di circolo, questo a sua volta conduca ad un difetto di nutrizione che aggrava la lesione della arteria. Si ha così un circolo vizioso: l'alterazione delle pareti arteriose è causa del rallentamento della circolazione locale e degli altri fenomeni circolatori ricordati, i quali si ripercuotono sulle condizioni patologiche della parete del vaso, che arrivano così ai gradi massimi.

I fatti fin qui enumerati non possono a meno di far risentire i loro effetti sulla nutrizione dei tessuti, specialmente nelle parti più periferiche del corpo, dove la stasi deve rapidamente seguire al forte rallentamento della corrente sanguigna e determinare in secondo tempo le alterazioni necrotiche che caratterizzano la fase distruttiva della congelazione.

Alla sua volta il riassorbimento delle tossine che si formano della distruzione del tessuto vascolare e muscolare deve produrre i fenomeni generali che accompagnano la gangrena a frigore.

*In conclusione*: il freddo-umido agisce primitivamente sulla parete delle arterie determinando una *arterite* di probabile origine tossica; questa arterite s'inizia con l'alterazione e la distruzione dello apparecchio elastico, si estende successivamente alla tunica muscolare e finisce col dar luogo ad una neoformazione compensatrice dell'intima sotto la forma di *endoarterite obliterante*. Da ciò l'abbassamento permanente della pressione locale, la dilatazione dei vasi ed il rallentamento della circolazione sanguigna fino alla stasi, alla gangrena; per la quale non è assolutamente necessario invocare come fanno alcuni AA. l'intervento della trombosi. Questa, quando si riscontra, come anche noi abbiamo in alcuni punti riscontrato, deve avere il significato di un fatto secondario susseguente alla stasi.

Questa alterazione della parete vascolare era stata già sospettata da altri, ed ammessa più come una necessità che come un fatto sicuramente provato; nè deve confondersi tale

alterazione primitiva con quelle che possono riscontrarsi in secondo tempo nei vasi, specie in corrispondenza del focolaio necrotico.

Accenni a questa alterazione si trovano nei lavori citati in principio (Kriege, Rieschpler, Zoege von Manteuffel) ed indirettamente anche in recenti lavori sull'argomento. Così Casali e Pullè richiamano l'attenzione sulla correlazione di alcuni fenomeni morbosi che si osservano nei congelati colle alterazioni della tensione vascolare. Il Neri poi ammette che la predisposizione al congelamento risieda in una debolezza dei nervi vaso-motori, i quali sarebbero particolarmente sensibili al freddo, producendo per un difetto della loro azione disturbi propri della malattia in parola. In appoggio a questa idea egli riporta eleganti esperienze in cui si dimostra che nei congelati il tempo necessario per riacquistare la temperatura normale, dopo che la parte (mano) è stata raffreddata con acqua a 4° C. è, in generale, assai maggiore che negli individui sani, ed uguale a un dipresso a quella dei soggetti nevrotici. Ora nel gioco fisiologico del movimento vasale gli stessi effetti possono aversi, tanto per lesioni dei nervi vaso-motori, quanto per alterazioni delle pareti dei vasi; quindi i risultati citati dal Neri, anzi che effetto di un'azione deficiente del sistema nervoso simpatico, possono dipendere da un difetto nel modo di rispondere della parete vasale per la lesione che l'ha direttamente colpita.

Più espliciti sono in proposito gli studi di Roussy e Lerond, i quali provano che le lesioni nervose e trofiche dei congelati sono determinate da supposte lesioni vascolari. Secondo questi AA. la topografia, l'evoluzione dei dolori, degli edemi ecc. fanno pensare più ad *arterite* che a lesione dei *nervi periferici*.

Allo stesso modo il Dott. Monter, secondo quanto riferisce il Dastre, avrebbe osservato che tutti i reduci dai campi di battaglia hanno ipertensione della radiale, qualunque sia l'età, le fatiche e l'alimentazione; e ritiene che l'affezione dei piedi congelati sia legata a *disturbi del medesimo ordine*, come pure certi dolori, certe atrofie, certi ritardi di cicatrizzazione o di consolidazione ossea.

Peraltro, volendo dare un giudizio sopra questi lavori, dobbiamo dichiarare che essi, in generale, hanno il difetto fondamentale di essere stati fatti a periodo troppo avanzato della malattia, quando non è più possibile distinguere l'effetto della azione del freddo dai fenomeni che secondariamente possono insorgere per l'alterato ricambio materiale della parte congelata, e più ancora per il riassorbimento di citotossine che si sviluppano dalla lesione e dalla distruzione del tessuto muscolare.

Così come non meraviglia che i reduci dal campo a causa dei veleni della fatica, con tanta chiarezza dimostrati dal Mosso, presentino ipertensione arteriosa, allo stesso modo non può escludersi che nei congelati l'ipertensione egualmente dimostrata, anzi che essere la prova della esistenza di un'arterite sia piuttosto la conseguenza del riassorbimento di veleni ipertensivi, provenienti specialmente dalle alterazioni e dalla distruzione del tessuto muscolare striato.

Passando ora ad esaminare le indicazioni pratiche che emergono da queste ricerche e che riteniamo opportuno debbano essere seguite nei provvedimenti contro la congela-

zione, dobbiamo dichiarare subito che tali indicazioni sono di due ordini a seconda del fine che si propongono, e cioè:

1.° Impedire la congelazione.

2.° Avvenuta la congelazione impedirne le conseguenze ed attenuarne la gravezza.

Del primo compito si occupa in particolar modo l'igiene, cercando di eliminare tutti quei coefficienti esterni che il più di sovente concorrono col freddo a determinare la congelazione. Così sono state molto opportunamente prescritte calzature adatte, impermeabili all'umidità; sono state abolite le mollettiere per gli ostacoli alla circolazione che possono determinare; si è disposto perchè il soldato non rimanga troppo a lungo nella immobilità, specie se esso deve mantenere la posizione eretta, per non permettere un troppo largo concorso della azione della gravità sulla circolazione venosa.

Tutte queste prescrizioni igieniche, di cui oggi tanto si avvantaggia il nostro Esercito nella profilassi contro la congelazione e la gangrena da freddo, sono il frutto di sapienti disposizioni dello Ispettorato di Sanità Militare e dei risultati di speciali e molto diligenti ricerche compiute dal Magg. Med. Dott. Casali e dal Cap. Med. Dott. Pullè del Comando Supremo.

Del resto base di tutti i provvedimenti è sempre quella di evitare ostacoli al circolo, che favoriscano la dilatazione dei vasi, il rallentamento della circolazione sanguigna ed in tal modo concorrano validamente col freddo a produrre fatti di congelazione; e di rendere in pari tempo impermeabile la calzatura all'acqua, all'umidità, perchè l'umidità appesantisce la calzatura stessa, esercita sulla cute dei piedi un'azione macerante e ne ostacola la funzione di traspirazione; infine costituisce un ottimo conduttore del calore che viene perciò sottratto in maggiore copia e più rapidamente ai tessuti.

Ma non basta siano impartiti opportuni provvedimenti, bisogna anche che questi siano rigorosamente applicati, sopratutto bisogna evitare che nella volgarizzazione di tali provvedimenti le cognizioni in proposito acquistate possano servire in taluni casi a provocare, anzi che ad impedire il congelamento.

Peraltro, nonostante tutte le precauzioni usate, date specialmente le difficili e disagiate condizioni in cui possono trovarsi, e si trovano effettivamente, i soldati nelle guerre moderne durante la stagione invernale, non è sempre possibile evitare il congelamento, per quanto possa essere il numero dei congelati considerevolmente ristretto.

Ed allora occorre mettere in pratica quei rimedi razionali che la scienza suggerisce, per renderne almeno meno gravi le conseguenze ed evitare possibilmente che alla congelazione tenga dietro la gangrena. Molti, forse troppi, sono i mezzi messi in opera finora nel trattamento dei congelati; ma nessuno ha pienamente corrisposto ed i congelati seguitano nel maggior numero dei casi ad essere colpiti da gangrena, che interessa le dita da sole od insieme ai metatarsi ed a buona parte del piede, dando luogo ad automutilazioni che stentano a guarire e che, oltre tutto, costituiscono negli ospedali un materiale ingombrante e pericoloso ad un tempo, perchè questi ammalati possono farsi centro molto facilmente di infezioni trasmissibili.

Per questo noi riteniamo che i congelati, piuttosto che essere disseminati in grande numero di Ospedali, dovrebbero esser raccolti in Unità Sanitarie speciali, studiati con criteri scientifici e curati con uniformità d'indirizzo.

Esaminando adesso i varii provvedimenti terapeutici messi in pratica, vediamo quale di essi ha veramente una base scientifica e trova il suo fondamento nelle presenti ricerche

*Massaggio secco, frizioni fredde.* Il massaggio secco, le frizioni fredde fatte ordinariamente con la neve, quali solitamente sono messi in pratica dai nostri alpigiani, hanno e possono avere effettivamente in circostanze speciali effetto benefico. Tali pratiche, infatti, tendendo a determinare la contrazione dei vasi ed a ristabilire il tono vasale, devono validamente contribuire a ricondurre alla normale la circolazione locale; esse possono quindi essere impiegate molto utilmente, ma solo in casi speciali, cioè nelle forme leggiere di congelamento e quando questo può essere sorpreso nella sua fase iniziale, vale a dire prima che si siano determinate alterazioni irreparabili nella parete dei vasi.

*Riscaldamento della parte.* L'elevazione della temperatura locale oltre la normale, messa in pratica volentieri da alcuni medici al fine di contrapporre il calore al raffreddamento, anzi che portare utili effetti deve riescire di danno.

Infatti, oltre al dolore vivo che producono le alte temperature, esse hanno per risultato di aggravare la dilatazione vascolare, di favorire il rallentamento della corrente circolatoria; quindi i loro effetti, anzi che combattere i disturbi di circolazione, si sommano a quelli che derivano dal congelamento.

Perciò basterà provvedere a ristabilire nella parte una modica temperatura nei limiti di quella normale, impedendo con una adatta protezione dell'arto congelato una troppo grande dispersione di calore.

*Incisioni multiple.* Queste hanno per scopo di dare esito al siero che infiltra i tessuti diminuendo la tumefazione edematosa e la pressione che esso esercita sui vasi venosi e sulle cellule dei tessuti. Se non che un tale risultato, che non mancherebbe se si trattasse semplicemente di disturbi circolatori di ordine puramente meccanico, invece in questo caso solo poco utile può portare causa l'alterazione permanente della parete vasale.

Per contro tali incisioni possono riuscire di danno, perchè cadono su tessuti di scarsa vitalità ed offrono quindi il pericolo di facilitare la gangrena. Perciò le incisioni in parola devono essere assolutamente proscritte come inutili ed eventualmente pericolose.

*Rimedi razionali.* Questi trovano il loro fondamento nelle conoscenze sulla patogenesi del processo di congelazione di sopra accennate. Date le alterazioni delle pareti arteriose descritte, dato il disturbo di circolo che ne consegue, occorre ristabilire la differenza normale fra pressione arteriosa e pressione venosa, favorendo il deflusso delle vene ed aumentando la pressione locale delle arterie col ripristinarne il tono od eccitare la loro contrattilità. E ciò deve farsi quanto più presto è possibile, prima che il disturbo di circolo abbia aggravato la lesione vascolare e questa abbia raggiunto un grado elevato, sopratutto prima che la neoformazione dell'intima abbia rese inevitabili le conseguenze ultime del congelamento, la gangrena. Ogni intervento tardivo riescirebbe inutile, perchè la estesa e irreparabile alterazione delle arterie le rende insensibili alle nostre eccitazioni con

mezzi terapeutici. Al fine di ottenere l' effetto desiderato, bisogna agire tanto sulla circolazione venosa quanto sulla circolazione arteriosa; nell' una favorendo per quanto è possibile il deflusso del sangue venoso con la posizione elevata dell' arto; nell' altra cercando di ristabilire il corso regolare della circolazione arteriosa in modo che il sangue arrivi al sistema capillare ed alle vene con pressione e velocità normali, influendo sulla tonicità e sulla elasticità delle arterie con i mezzi terapeutici che sono a nostra disposizione; ossia, da un lato facilitando il deflusso del sangue venoso, e dall' altro favorendo l' afflusso del sangue arterioso; in altri termini mirando a ristabilire la differenza normale di pressione fra arterie e vene, col cercare di abbassare la pressione venosa locale e corrispondentemente d' innalzare quella arteriosa.

I rimedi che possono condurre a questi effetti sono indubbiamente gli ipertensivi, fra i quali primeggiano la paraganglina, l' adrenalina, la tiroidina, la stricnina ecc., ed a tali rimedi infatti si dovrà ricorrere quanto più presto sarà possibile.

La stricnina (solfato-nitrato) introdotta per iniezioni sottocutanee più volte ripetute, riteniamo dovrà dare segnalati servigi per la sicurezza e rapidità dell' azione sua. Fra i rimedi opoterapici si dovrà escludere l' estratto ipofisario, perchè più difficile di altri prodotti a prepararsi in grande quantità; pure sarà da mettersi in seconda linea l' adrenalina, nonostante sia ottimo mezzo ipertensivo, per il dubbio che essa abbia a favorire la neoformazione della intima a cui questi ammalati sono già grandemente predisposti, ed attenersi invece alla tiroidina, che, per quanto di azione meno pronta della stricnina, ha il vantaggio su questa di dare effetti più duraturi. In sostituzione della adrenalina si potrà forse usare con vantaggio l' estratto delle capsule surrenali (paraganglina di Vassale) che ha, in confronto alla adrenalina stessa, una azione assai più mite ma assai più completa.

Quindi il trattamento terapeutico della congelazione si ridurrebbe a questo: intervento quanto più sollecito è possibile con massaggio e frizioni fredde; opportuna protezione della parte per impedire infezioni e mantenere il calore naturale; posizione elevata dell' arto per favorire il deflusso del sangue venoso, ed uso sollecito di stricnina, tiroidina, adrenalina ecc., per ristabilire la pressione arteriosa normale nella regione congelata.

Che l' uso degli ipertensivi nei congelati non stia in contradizione con quanto avrebbe trovato il Dott. Monter, questo risulta da ciò che è stato detto in altra parte del lavoro. Del resto se in tali ammalati fosse veramente dimostrabile ipertensione arteriosa anche nella prima fase della malattia, ciò non escluderebbe in modo certo che le arterie della parte congelata, pur restando indifferenti ai prodotti di ricambio e di regresso che determinano ipertensione generale, non potessero invece dimostrarsi sensibili ai farmaci sopra ricordati.

Riguardo all' uso della tiroidina nei congelati crediamo doveroso ricordare che il Dott. Neri per altra via era arrivato alle stesse nostre conclusioni.

Peraltro deve essere ancora osservato che le prove cliniche e terapeutiche da noi proposte occorre siano condotte con particolare metodica e con le dovute garanzie, perchè dalla prova pratica si possa addivenire a risultati definitivi. A questo fine sarebbe opportuno che l'Autorità militare provvedesse perchè un certo numero di congelati fossero rac-

colti in Unità Sanitarie prossime alla zona di operazioni, in modo da poter esser seguiti fino dall' inizio della malattia. Inoltre sarà necessario ricercare periodicamente in questi ammalati la pressione del sangue, come già avevano proposto il Casali ed il Pullè, e la temperatura della parte congelata, sia per avere un' idea abbastanza precisa della entità del disturbo di circolazione, sia per meglio valutare gli effetti che si ottengono con i rimedi ipertensivi usati.

Non sempre la guarigione sarà possibile, sia per intervento terapeutico troppo tardivo, sia per la gravezza del processo. In questo caso si può ventilare la questione se convenga intervenire chirurgicamente, per affrettare con l' amputazione l' eliminazione della parte distrutta, e render più sollecita la guarigione col sostituire ad una zona limitante torpida, irregolare, quella regolare e di buon aspetto che consegue alla operazione.

Ebbene, mentre queste amputazioni sono state praticate un tempo su vasta scala e, purtroppo, da taluno lo sono anche al presente, oggi debbono essere del tutto abbandonate, lasciando che la parte gangrenata si elimini spontaneamente e che la superficie cruenta che ne risulta si avvii lentamente alla guarigione, e se ne comprende facilmente la ragione. Le lesioni vascolari estendendosi molto al di là del focolaio distruttivo, fanno sì che il coltello viene il più spesso a cadere sopra ad arterie ammalate, da cui la facilità con la quale i lembi muoiono e la gangrena si ripete sul moncone di amputazione obbligando il chirurgo a riamputare due o più volte, come avviene anche nella gangrena senile in cui abbiamo pure una profonda lesione delle arterie (arterio-sclerosi).

Nè sarebbe giusto, per cadere con maggiore probabilità su tessuti sani, di sacrificare una parte troppo grande dell' arto congelato, col solo fine di affrettare la guarigione. Meglio in questi casi mantenere, come abbiamo detto, la parte ben protetta e disinfettata, e di attendere che si formi la zona limitante ed avvenga il distacco spontaneo del pezzo gangrenato.

Per l' intossicazione generale che precede ed accompagna la congelazione di 3° grado, poco si può fare al di là di una cura sintomatica, non essendo ancora stato fabbricato un siero specifico che possa efficacemente combattere le presunte citotossine che la determinerebbero.

Anche per la complicanza frequente della infezione tetanica, poco si può dire dal lato curativo perchè, per le accennate ragioni, il decorso del tetano in questi casi è così rapido che non è possibile o molto difficile un intervento utile con siero antitetanico. Perciò in tali casi, più che curare occorre prevenire, ripetendo sullo stesso ammalato l' iniezione antitetanica 2-3 volte di seguito alla distanza di 1-2 giorni l' una dall' altra.

---

# BIBLIOGRAFIA

I. Cohnheim. — Neue Untersuchungen über die Entzündung. Berlin 1873, 52.
Kriege. — Virchows Archiv. f. path. Anatomie. 1884, CXVI, 64.
R. Pictet. — Archives des sciences phys. et naturelles, 3, pér 1893. XXX, 293.
S. Samuel. — Virchows. Archiv. XLIII, 552. 1868.
Rischpler. — Zieglers Beitr. z. path. Anat. u. z. allg. Pathol. XXVIII. 1900.
Zoege v. Manteuffel. — Zentralbl. f. Chirurgie, n. 3, 1902.
Uschinsky. — Zieglers Beitr. z. path. Anatomie u. z. allg. Path. XII, 1893.
Benndorf. — Archiv d. Heilkunde. VI, 1865, 456.
Kraske. — Zentralbl. f. Chirurgie. 1879, n. 12.
R. Volkmann. — Zieglers Beitr. z. path. Anatomie u. z. allg. Pathol. 1899. XII, 272.
Menahem Hodara. — Monatshefte f. prakt. Dermatologie, 1995. XXII, 455.
F. Marchand. — Der Prozess der Wundheilung: Deutsche Chirurgie v. Bergmann-Bruns. Lief. 16, 1901.
L. Krehl u. F. Marchand. — Handbuch der allg. Pathologie. Die Kälte als Krankheitursache, 1908, I, 108.
P. Casali e F. Pullè. — Le lesioni da congelamento e un mezzo per prevenirle. Giornale di medicina militare, febbr. 1916.
Idem. — Sulle lesioni da congelamento e sui mezzi per prevenirle. Giornale di medicina militare, marzo 1916.
P. Casali. — Prevenzione e cura dei congelamenti ai piedi. Promemoria per l'Intendenza Generale del R. Usercito.
F. Pullè. — Istruzioni al soldato per prevenire e curare i congelamenti ai piedi.
P. Casali. — Istruzioni al graduato per la prevenzione e cura dei congelamenti.
V. Neri. — La prova della perfrigerazione applicata allo studio dei fenomeni vaso-motori nei congelati. Soc. Med. Chirurg. di Bologna. Adunanza del 23 Dicembre 1915 e del 31 Marzo 1916.
L. Roussy et R. Lerond. — Les troubles névropatiques tardifs consécutifs aux gèlures des pieds. Soc. med. d. Hôp. 95, 1916. Paris. 1916, 100.
Dastre. — Troubles de la circulation artérielle résultants de faits de guerre. Acad. Sc., 20 Sept. 1915. Paris med. 1915, 388.

# SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

Fig. 1. — Sezione trasversa di un tronco nervoso di un congelato, di aspetto normale. 1 × 60.

Fig. 2. — Sezione trasversa di una piccola arteria in un congelato. Fase iniziale della lesione; distruzione incompleta della elastica con piccoli tratti residui e corrispondente ingrossamento dell' intima. 1 × 90.

Fig. 3. — Sezione trasversa di una piccola arteria in un congelato con lesione a fase più avanzata; manca in buona parte l' elastica ed al suo posto si vede una sottile fenditura sotto l' intima; neoformazione irregolare, bitorzoluta della tunica interna; trombo parziale corrispondente alla parte più alterata del vaso. 1 × 90.

Fig. 4. — Sezione trasversa di una piccola arteria in un congelato; una placca necrotica interessante l' intima, l' elastica e la media; endoarterite obliterante con ristringimento irregolare del lume del vaso. 1 × 40.

Fig. 5. — Sezione trasversa di una piccola arteria in un congelato; due placche necrotiche come quelle della figura precedente: l' endoarterite obliterante ha portato alla ostruzione quasi completa di una parte del lume del vaso, di cui rimane una semplice rima irregolare. 1 × 40.

Fig. 6. — Sezione trasversa di una piccola arteria in un congelato; dimostra a più forte ingrandimento il dettaglio delle due figure precedenti. — Chiazza necrotica di aspetto vitreo, interessante l' elastica e parte della tunica muscolare; al disopra distacco della tunica interna; nelle parti vicine inizio della neoformazione della intima. 1 × 90.

Fig. 7. — Sezione trasversa di una piccola vena in un congelato; infiltrazione sieroso-emorragica della parete con smagliamento dei fasci connettivi-muscolari; tumefazione della parete stessa e corrispondente ristringimento del lume del vaso. 1 × 70.

Fig. 8. — Sezione trasversa di una piccola vena in un congelato; l' infiltrazione sieroso-emorragica di cui alla fig. precedente ha portato al distacco parziale dell' intima con formazione di una piega che sporge nel lume del vaso ostruendolo in parte. 1 × 90.

Fig. 9. — Sezione trasversa di un fascio muscolare con necrosi delle fibre muscolari e accumulo di globuli bianchi nelle parti circostanti. 1 × 60.

Fig. 10. — Sezione trasversa di un fascio muscolare in un congelato; degenerazione granulare delle fibre muscolari con edema perifibrillare. 1 × 60.

Fig. 11. — Sezione trasversa di un fascio muscolare in un congelato; fenditure della sostanza contrattile ed infiltrazione nel suo interno di globuli bianchi. 1 × 60.

Fig. 12. — Sezione trasversa della piaga di un congelato dopo il distacco della parte necrosata; si vede uno strato granulare esterno; al disotto un sottile tessuto connettivo embrionale povero di vasi e di leucociti che poggia sopra un terzo strato fibroso il quale forma la base della piaga. 1 × 70.

Fig. 1

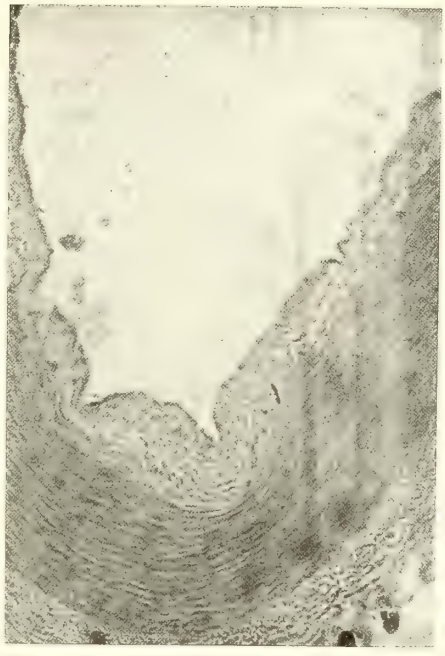


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

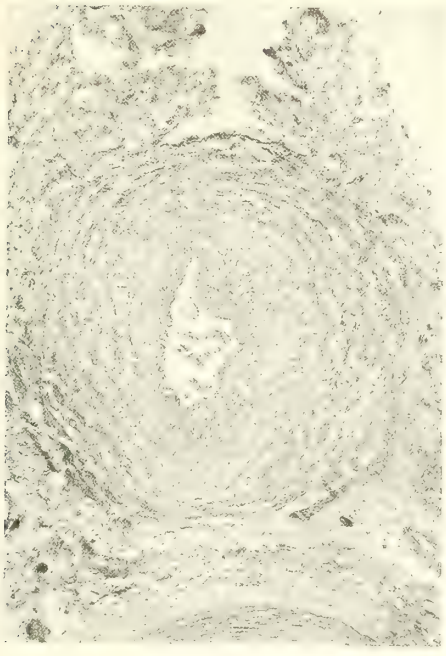


Fig. 7

Fig. 8

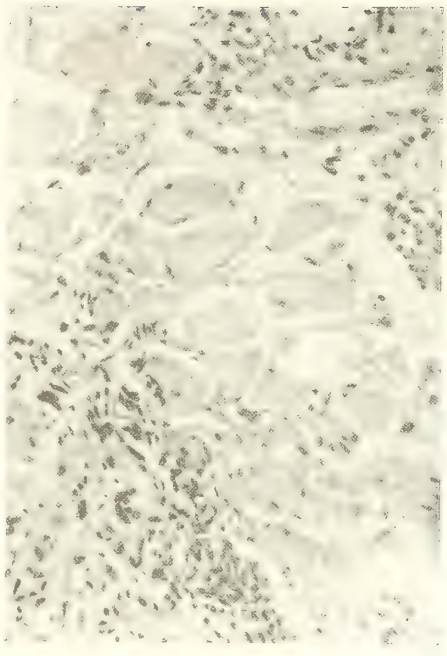


Fig. 9

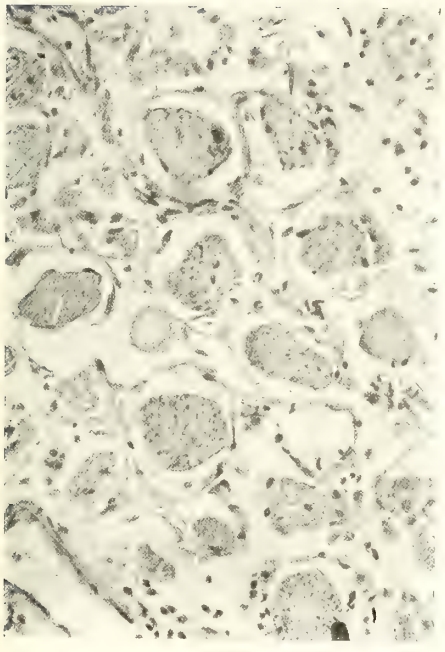


Fig. 10

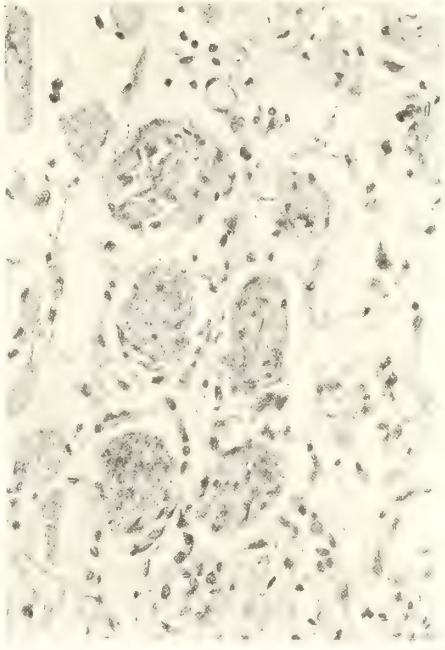


Fig. 11

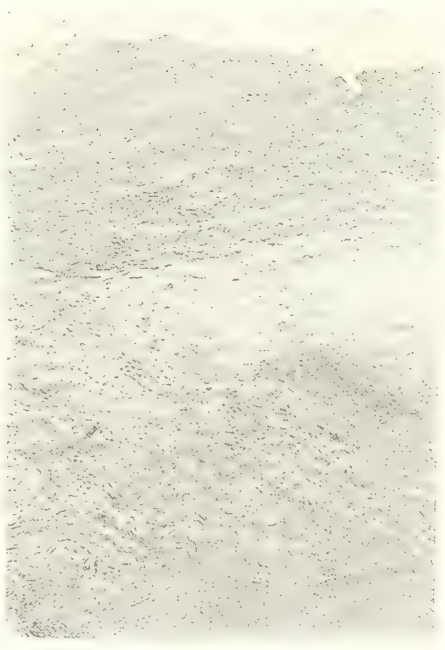


Fig. 12

# SULLA DETERMINAZIONE DEL FOSFORO NELLA GHISA

## NOTA

DEL

**Prof. ALFREDO CAVAZZI**

letta nella Sessione del 14 Gennaio 1917.

Sui primi del novembre ultimo scorso avendo assistito, nei momenti di riposo e di svago, alle operazioni che due Dottori in chimica facevano nel mio laboratorio per determinare la quantità di fosforo contenuta in parecchie ghise dietro incarico della Commissione di Collaudo per l'Artiglieria; e avendo pur presente la conoscenza che in ricerche ormai lontane avevo acquistata sulle proprietà del solfato ferrico, dissi subito agli egregi Operatori che il processo per pesata da essi prescelto, e fedelmente eseguito secondo la descrizione e le norme date dal Treadwell, a mio avviso poteva essere modificato in guisa da renderlo meno incomodo e molesto, di più facile e sicura esecuzione, alquanto più breve e non meno esatto, sciogliendo la ghisa, come nel processo sopra accennato, nell'acido nitrico e trasformando poscia il nitrato ferrico. non in ossido e questo in cloruro, ma direttamente in solfato ferrico, nella soluzione del quale l'acido fosforico può essere parimenti precipitato in forma di fosfomolibdato di ammonio.

Il fatto precipuo che mi confortava nella speranza di non fare inutili tentativi fu la stabilità del solfato ferrico a temperatura abbastanza elevata. Io ho provato che tenendo un sottile tubetto di vetro, in cui avevo introdotta una piccola colonna di solfato ferrico privo di acido solforico libero, immerso in olio pesante a 300° per 1 ora, non si ha il minimo segno di decomposizione, e così pure a 350°. Ma nel primo caso questo sale si scioglie prontamente in acido cloridrico bollente, formato con volumi uguali di acido fumante e di acqua: nel secondo invece, nelle stesse condizioni, si scioglie con difficoltà, e al contrario presto se si aggiunge al medesimo acido cloridrico alquanto di acido nitrico. Nel solo acido nitrico, alla temperatura dell'ebollizione, il solfato ferrico, riscaldato anche a meno di 300°, difficilmente si scioglie.

Ora, in virtù della resistenza che offre a temperatura piuttosto elevata, il solfato ferrico può essere facilmente e completamente separato da tutti gli acidi ordinari volatili, non escluso l'acido solforico; e le sue soluzioni nei predetti acidi possono essere svaporate con rapidità e senza inconvenienti alla temperatura dell'ebollizione. Di guisa che il pregio e il vantaggio del processo che io propongo per preparare la soluzione, in cui sarà poi precipitato l'acido fosforico col molibdato di ammonio, derivano principalmente, come dissi,

dalla conveniente stabilità del solfato ferrico all'azione del calore: non dico a temperatura molto elevata, alla quale questo sale, come è noto, finisce per convertirsi pur esso in sesquiossido.

Non a caso ho detto principalmente, perchè l'opportunità di trasformare il ferro della ghisa in solfato ferrico ha pure la sua ragione nel fatto che, se reagendo in soluzione con sali ammoniacali, e in particolare col nitrato, si cambia in parte in solfato di ammonio, questo, come si sa, non aumenta notevolmente la solubilità del fosfomolibdato di ammonio, che è la forma in cui, anche nel processo per pesata raccomandato dal Treadwell, viene precipitato l'acido fosforico, per passare poi alla forma finale di pirofosfato di magnesio.

Premesse queste considerazioni, descriverò il processo senza trascurare di proposito le più minute e non superflue particolarità.

## Descrizione del processo

Siccome le ghise comuni contengono in generale poco di fosforo, così la determinazione di questo elemento per pesata suolsi praticare su g. 5 di lega, ridotta in minuti granuli o sottili filamenti colla lima o col tornio o colla pialla. Dopo averli lavati con etere si fanno cadere sul fondo di un bicchiere da precipitato avente una capacità di 600 cmc. circa, in cui si versano tutto in una volta 60 cmc. di acido nitrico diluito, formati con 30 cmc. di acido concentrato e 30 di acqua distillata, coprendo subito il recipiente con vetro da orologio.

Nel maggior numero dei casi l'acido intacca subito e discioglie più o meno le particelle di ghisa, provocando fortissima effervescenza per svolgimento rapido di vapori nitrosi. Qualche volta però accade che la ghisa resta passiva, ossia non reagisce subito coll'acido, ed allora è necessario stimolare e iniziare la reazione con lieve riscaldamento.

Cessato lo svolgimento dei vapori nitrosi, si pone il recipiente sopra una rete metallica, la quale poggia a sua volta sopra un fornelletto a gas fornito di molti fori disposti in ordine di circoli concentrici come un pomo da annaffiatoio, e si porta e mantiene il liquido a lenta ebollizione sino a che scompaiono sotto il vetro da orologio i vapori nitrosi di colore giallo-rossastro. Così il ferro passa allo stato di nitrato ferrico, il fosforo a quello di acido ortofosforico, il silicio a quello di silice, mentre il carbone grafitoide rimane inalterato.

Quando l'acido nitrico ha finito di agire sulla ghisa, si versa la soluzione, molto torbida se è ghisa grigia, entro una grande capsula di porcellana (diam. cmc. 20) insieme all'acqua calda di lavaggio resa leggermente acida con acido nitrico, indi si pone la capsula sulla rete metallica poggiante sul fornelletto sopra indicato, perchè questo si presta meglio del cannello Bunsen al riscaldamento di una superficie più larga e a moderarne la intensità. Prima di riscaldare si aggiunge al liquido della capsula 15 a 20 cmc. di acido solforico allungato, che si prepara precedentemente aggiungendo a poco a poco acqua distillata ad 8 o al massimo 9 cmc. di acido solforico concentrato sino a condurlo appunto al detto volume. Accendendo il gas sotto la rete si porta e mantiene il liquido a lenta ebol-

lizione e si agita blandemente con bacchetta di vetro soltanto sul fondo della capsula, senza preoccuparsi della parte di sostanza che si consolida e aderisce un poco più in alto sulle pareti del recipiente. Quando la soluzione, in principio scorrevole, ha perduto molto di acqua e di acido nitrico diventa vischiosa e poscia pastosa, e incomincia allora lo svolgimento di fumi bianchi di acido solforico. A questo punto bisogna aumentare il riscaldamento, regolando le fiamme in modo che la rete sottostante alla capsula raggiunga quasi il calor rosso-scuro incipiente: nelle quali condizioni anche il solfato ferrico che aderisce al fondo della capsula non arriva mai a superare i 210°, mentre potrebbe tollerare 350° senza scomporsi. Durante questo riscaldamento, relativamente forte, è bene smuovere, comprimere e disgregare con bacchetta di vetro il solfato di ferro, che perdendo ognor più dell'acido solforico libero, diventa friabile e assume una colorazione grigio-giallastra. Allorchè i fumi di detto acido sono prossimi a cessare, si lascia raffreddare, poi con spatola si stacca la sostanza che aderisce alla capsula e si polverizza piuttosto finamente nella capsula stessa mediante un pestello di vetro liscio. Ciò fatto si pone di nuovo il recipiente sulla rete metallica del solito fornello e si riscalda come prima finchè, smuovendo a brevi intervalli la polvere con bacchetta di vetro, non si vedono più vapori di acido solforico. A questo punto si lascia raffreddare la capsula e si versano in essa 40 cmc. di soluzione formata con 20 cmc. di acido cloridrico fumante, 5 cmc. di acido nitrico concentrato e il resto, per arrivare a 40, di acqua distillata: poscia si pone la capsula sulla solita rete metallica e si riscalda quanto basta a portare e mantenere la soluzione a lenta ebollizione. Svaporati che siano i due terzi circa o poco meno della parte liquida, si aggiungono 50 cmc. di acqua distillata, si lascia raffreddare e dopo breve riposo si filtra impiegando un filtro non piccolo (diam. cm. 9) a molte pieghe che si lava 6 volte soltanto con acqua bollente acidificata con acido nitrico, ricevendo il filtrato in altra capsula di porcellana grande come la prima. Sul filtro rimangono la silice e il carbone grafitoide. Indi la soluzione vien fatta svaporare come la precedente scaldando, sul solito fornello fornito di rete metallica, sino a lenta ebollizione, senza preoccuparsi della sostanza gialla, solfato ferrico, che apparisce sulle pareti della capsula. Arrivata che sia ad un certo grado di concentrazione, la soluzione diviene vischiosa, e allora s'aggiungono 4 cmc. circa di acido nitrico all'intento di poter scacciare dal solfato ferrico ogni traccia di acido cloridrico. Seguitando a riscaldare e ad agitare con bacchetta di vetro, havvi un periodo di schiuma abbondante, ma nessun pericolo di proiezione e di perdita di sostanza. Al comparire di questa schiuma è necessario *abbassare molto le fiamme* e continuare un riscaldamento moderato sino a che la sostanza nella capsula, smossa accuratamente con bacchetta di vetro, assume da prima l'aspetto e la consistenza del miele, poi in parte prende forma di densa pasta ed in parte di polvere gialla (solfato ferrico). Giova comprimere la pasta con bacchetta di vetro contro il fondo della capsula. Si sospende il riscaldamento quando da tutta la massa, e specialmente dalla pastosa, non esalano che pochi vapori di acido nitrico. Questo riscaldamento moderato ha per effetto essenziale e importante di non rendere il solfato ferrico difficilmente solubile nell'acido nitrico allungato. Al termine di esso, si lascia raffreddare, poi si versano nella capsula 30 cmc. di acido nitrico allungato formati con 5 cmc. di acido

fumante del peso specifico 1,40 (65 % circa) e 26 circa di acqua distillata, oppure 15 cmc. di acido nitrico col peso specifico 1,153 (25 %) portati a 30 cmc. per aggiunta di acqua. Nel formare questa soluzione io regolo la quantità dell'acido nitrico a seconda della quantità di molibdato di ammonio che sarà poi impiegato per far deporre l'acido fosforico in forma di fosfomolibdato di ammonio, in modo cioè che per ogni gramma di molibdato siano presenti nella soluzione finale 2 cmc. circa di acido nitrico puro. Le prove nelle quali si volesse scarseggiare molto nella quantità dell'acido nitrico, o non riuscirebbero affatto, o, ciò che torna il medesimo o peggio, riuscirebbero male.

Se dopo aver versato nella capsula l'acido nitrico si riscalda ad una temperatura prossima all'ebollizione, in pochi minuti il solfato ferrico è sciolto completamente, ed allora si versa la soluzione, sempre limpidissima in operazioni ben condotte, in bicchiere da precipitato insieme all'acqua di lavaggio, e se ne porta il volume a 50 cmc. circa. Se per caso la soluzione versata nel bicchiere fosse leggermente torbida, basterebbero pochi minuti di ebollizione per renderla limpida.

Alla soluzione così preparata s'aggiungono g. 15 di nitrato di ammonio sciolti in 25 o 30 cmc. di acqua, e si riscalda sino ad ebollizione: poi si versa nel bicchiere tutto in una volta, e nel tempo stesso agitando, 50 cmc. di soluzione pur essa bollente che contenga g. 2 o 2,5 di molibdato di ammonio. Il fosfomolibdato giallo di ammonio si forma subito, ma credo che giovi alla sua completa precipitazione tenendo il bicchiere per mezz'ora a 80° circa, coperto con vetro da orologio.

A compimento della descrizione del processo, per quella parte di esso che richiede dall'operatore molta attenzione e la massima diligenza, non mi resta che di suggerire qualche semplificazione di poco rilievo intorno alla preparazione e all'impiego dei reattivi e di tenermi sostanzialmente ai suggerimenti dei Trattati di chimica analitica e in particolare di quello del Treadwell.

Dopo mezz'ora che il fosfomolibdato si è deposto a 80° circa sul fondo del bicchiere, si filtra per decantazione (diam. del filtro cm. 7) e questo si lava quattro volte, sempre per decantazione, con soluzione bollente che si ottiene sciogliendo in 500 cmc. di acqua g. 25 di nitrato di ammonio e 20 cmc. di acido nitrico del peso specifico 1,153. Il liquido filtrato in questo lavaggio va trascurato. A fine di disciogliere quel poco di fosfomolibdato che è trattenuto sul filtro, si fa cadere a goccia a goccia, tutto all'intorno e sul margine superiore del filtro stesso, 10 cmc. di una soluzione formata con 1 vol. di ammoniaca concentrata e 2 vol. di acqua: meglio se questa soluzione è leggermente riscaldata al momento del suo impiego. Il liquido che filtra si fa cadere entro il bicchiere, in cui è rimasta la maggior parte del fosfomolibdato, insieme all'acqua di lavaggio. Specialmente coll'aiuto di blando riscaldamento tutto il fosfomolibdato si discioglie prontamente: se per caso ciò non avvenisse, bisognerebbe aggiungere al liquido qualche goccia della soluzione di ammoniaca. Alla soluzione di fosfomolibdato così ottenuta s'aggiungono g. 5 di nitrato di ammonio sciolti in 20 cmc. di acqua e g. 1 di molibdato di ammonio sciolto in 30 cmc. di acqua. Si scalda la nuova soluzione sino ad incipiente ebollizione, e si versano in essa tutto in una volta 20 cmc. di acido nitrico col peso specifico 1,153 e pur esso bollente. Così il fosfomolibdato precipita una seconda volta al grado necessario di purezza.

Dopo mezz'ora di riposo e di raffreddamento si filtra per decantazione (dia. del filtro cm. 6) e, non occorrendo in questo caso il lavamento colla soluzione di nitrato di ammonio si fa cadere a goccia sul margine del filtro ammoniaca diluita (1 vol. di ammoniaca concentrata e 4 vol. di acqua): scomparso sul filtro il precipitato giallo si lava nello stesso modo con solo acqua distillata, ricevendo il filtrato nel bicchiere dove trovasi quasi tutto il fosfomolibdato, la cui completa dissoluzione viene favorita con blando riscaldamento. Dopo raffreddamento si stillano in questa soluzione limpida una o due gocce per volta di acido cloridrico diluito (1 vol. di *HCl* concentrato e 3 di acqua) finchè, agitando ogni volta per 1 minuto circa con bacchettino di vetro, scompare il precipitato giallo che da principio si forma e intorbida la soluzione. Quando infine l'aggiunta di una o due gocce dell'acido dànno intorbidamento che permane a freddo nonostante l'agitazione, bisogna sospendere l'aggiunta dell'acido, e si fa scomparire il leggiero intorbidamento aumentando di poco la temperatura della soluzione. L'aggiunta dell'acido cloridrico ha per necessario effetto di rendere la soluzione acida, e con ciò atta a ricevere la mistura magnesiaca acida (la quale si prepara facendo 1 litro di soluzione acquosa con g. 55 di cloruro di magnesio, g. 105 di cloruro di ammonio e un poco di acido cloridrico).

Nella soluzione resa acida, come si disse, con piccole aggiunte di acido cloridrico, si versano 10 a 20 cmc. di questa mistura magnesiaca: si porta a temperatura prossima all'ebollizione e, agitando sempre con bacchettino di vetro, si aggiunge lentamente a goccia a goccia ammoniaca diluita (1 vol. di ammoniaca concentrata e 4 vol. di acqua) finchè apparisce un lieve intorbidamento prodotto da fosfato ammonico magnesiaco che, in operazione ben condotta, deve essere minutamente cristallino e non gelatinoso; e così si seguita ad aggiungere ammoniaca sino a che si sente in modo manifesto il suo odore caratteristico. Allora si lascia raffreddare e si versa nel bicchiere ammoniaca concentrata quanto basta per aumentare di $\frac{1}{5}$ o di $\frac{1}{4}$ il volume primitivo della soluzione. Si copre il recipiente con un vetro da orologio e dopo mezz'ora di riposo si può filtrare ed eseguire sul fosfato ammonico tutte le altre operazioni ben note che occorrono per arrivare al pirofosfato di magnesio.

Non ho mancato di sottoporre il processo da me modificato a prova rigorosa, sciogliendo entro grande capsula di porcellana g. 17 di solfato ferrico, privo di acido fosforico e spogliato a 200° circa dell'acido solforico libero, in una mescolanza di 20 cmc. di acido cloridrico concentrato, 5 di acido nitrico fumante e 15 di acqua e aggiungendo a questa soluzione g. 0,2 di fosfato bisodico, certamente un po' disidratato. Operando su questa soluzione come in quella del processo sopra descritto ho infine ricavato g. 0,0686 di pirofosfato di magnesio. Da altri g. 0,2 del medesimo fosfato bisodico sciolto semplicemente in 30 cmc. di acqua leggermente acidulata con acido cloridrico, e operando debitamente, ne ho ricavato g. 0,0692.

Ma dalla descrizione che ho data del processo nei più minuti particolari può nascere il dubbio che la sua esecuzione richieda troppo tempo. A mio parere la sobrietà, che è così opportuna e pregevole nei comuni discorsi, diventa nella descrizione dei processi analitici un difetto che spesso si riscontra nei trattati di chimica, e che non di rado reca imbarazzo ed è cagione di incertezza agli operatori, e porta anche talvolta a giudizi non favorevoli su metodi analitici complicati, ma essenzialmente buoni.

In caso di necessità è possibile in una giornata di lavoro alacre e ben regolato determinare col processo da me modificato la quantità di fosforo contenuta in una sola ghisa. Al chimico però che non abbia ancora acquistata pratica nelle manualità del metodo e non si senta di fare questo sforzo di attività occorre una giornata e mezzo. Nel qual proposito aggiungerò che io non prenderei impegno di eseguire la stessa operazione col metodo per pesata descritto nel Trattato del Treadwell in meno di due giorni, senza considerare che sta a favore del processo da me modificato la maggior facilità e sicurezza di esecuzione.

Dirò per ultimo che, colla modificazione da me proposta al metodo di determinazione del fosforo per pesata nella ghisa, non ho inteso di portare un utile contributo agli stabilimenti siderurgici e ai laboratori speciali che hanno necessità di eseguire continuamente molti saggi di ghisa in breve tempo con processi rapidi, nei quali si fa uso di soluzioni titolate I processi per pesata, detti anche gravimetrici, per la determinazione del fosforo sono da preferirsi quando nelle condizioni normali un Laboratorio riceve, direi quasi casualmente, un campione o due di ghisa, oppure quando occorre di assicurarsi della esattezza di un processo volumetrico. Nel primo caso il chimico applicando un metodo per pesata, non solo in generale guadagna tempo, ma risparmia pure tutta la cura che richiede e le difficoltà che presenta sempre la buona preparazione di soluzioni rigorosamente titolate e specialmente di quelle che non conservono a lungo il loro titolo.

# SULLE SUPERFICIE

## con un sistema di linee di curvatura a flessione costante

MEMORIA

DEL

***Prof. AMILCARE RAZZABONI***

letta nella Sessione del 10 Dicembre 1916.

In una precedente Memoria avente per titolo: *Sulle superficie nelle quali i circoli osculatori delle linee di curvatura di un sistema tagliano un piano fisso sotto un angolo costante* (*) dimostrai come tale ricerca, trasportata nello spazio iperbolico, equivalga a quella delle superficie in cui le linee di curvatura di un sistema hanno la medesima flessione costante, e come, nell'ipotesi che il valore di questa costante non sia inferiore all'unità, esista sempre una costruzione *reale*, che permette il passaggio da una di tali superficie ad infinite altre della medesima specie.

Può essere utile, anche per altre ricerche, conoscere le formole che risolvono tale questione per il caso che lo spazio anzi che l'iperbolico sia l'ellittico ovvero l'ordinario euclideo, in vista anche del fatto che in allora il problema della trasformazione delle corrispondenti superficie ha sempre soluzione reale.

Per questo, senza stare a ripetere tutti gli sviluppi e i calcoli relativi al caso che trattiamo, perchè non sostanzialmente diversi da quelli esposti nel caso iperbolico, mi limiterò alle formole fondamentali e agli sviluppi essenziali nell'ipotesi esplicita che lo spazio cui ci riferiamo sia l'ellittico.

**1. Curve a flessione costante in Geometria ellittica.** — Procedendo come nella Memoria surricordata, prendiamo a considerare una curva $C$ a flessione costante $\frac{1}{\rho} = \cot b$, essendo $b$, in metrica ellittica, la distanza del punto della curva dal corrispondente centro di curvatura; allora, indicando con $x_i$ $(i = 0, 1, 2, 3)$ le coordinate di

(*) Memorie di questa R. Accademia - Sezione delle Scienze Fisiche e Matematiche, Serie VIII, Tomo I, 1913-14.

un punto variabile $M$ di $C$, conduciamo per esso e normalmente alla curva un segmento $MM'$ di lunghezza costante $a$, che formi con la normale principale alla curva un angolo $\omega$ variabile con legge di continità da punto a punto. Se denotiamo inoltre con $x_i'$ le coordinate di $M'$, con $\alpha_i$, $\xi_i$, $\lambda_i$ rispettivamente i coseni direttori della tangente, della normale principale e della binormale alla $C$, avranno luogo le equazioni

$$x' = x\cos a + (\xi\cos\omega + \lambda\operatorname{sen}\omega)\operatorname{sen} a \tag{1}$$

nelle quali per maggiore semplicità abbiamo omessi gl'indici. Determineremo il valore di $\omega$ (in funzione dell'arco $u$ di $C$) ponendo la condizione che la curva $C'$ (luogo dei punti $M'$) sia trajettoria isogonale sotto un angolo costante $\sigma$ dei cerchi di curvatura $u = \text{cost.}$ della superficie canale, che ha per asse $C$ e per raggio $a$.

Derivando perciò le (1) rispetto ad $u$ e facendo uso delle formole del Frenet (*), troveremo

$$\Delta\alpha' = \left(\cos a - \frac{\operatorname{sen} a\cos\omega}{\rho}\right)\alpha - \operatorname{sen} a\operatorname{sen}\omega\left(\frac{d\omega}{du} - \frac{1}{\tau}\right)\xi + \operatorname{sen} a\cos\omega\left(\frac{d\omega}{du} - \frac{1}{\tau}\right)\lambda, \tag{2}$$

ove si è posto per semplicità

$$\Delta = \sqrt{S\left(\frac{dx'}{du}\right)^2} = \frac{du'}{du} = \sqrt{\left(\cos a - \frac{\operatorname{sen} a\cos\omega}{\rho}\right)^2 + \operatorname{sen}^2 a\left(\frac{d\omega}{du} - \frac{1}{\tau}\right)^2}$$

e dove abbiamo indicati con $\alpha'$ i coseni direttori della tangente alla $C'$; ma poichè pei coseni degli angoli della tangente ai cerchi di curvatura considerati si ha

$$\frac{1}{\operatorname{sen} a}\frac{\partial x'}{\partial\omega} = -\xi\operatorname{sen}\omega + \lambda\cos\omega,$$

dovrà sussistere l'eguaglianza

$$\frac{\Delta}{\operatorname{sen} a}\, S\,\alpha'\frac{\partial x'}{\partial\omega}\,\Delta\cos\sigma = \operatorname{sen} a\left(\frac{d\omega}{du} - \frac{1}{\tau}\right),$$

da cui

$$\frac{d\omega}{du} - \frac{1}{\tau} = \left(\cot a - \frac{\cos\omega}{\rho}\right)\cot\sigma, \tag{3}$$

avendo $\Delta$ il valore determinato dall'equazione

$$\Delta = \frac{1}{\operatorname{sen}\sigma}\left(\cos a - \frac{\operatorname{sen} a\cos\omega}{\rho}\right). \tag{4}$$

Facendo nella (2) le sostituzioni (3) e (4), essa si semplificherà nella

$$\alpha' = \alpha\operatorname{sen}\sigma - \xi\operatorname{sen}\omega\cos\sigma + \lambda\cos\omega\cos\sigma \tag{5}$$

da cui derivando e avendo riguardo alla (3) non che alle formole del Frenet, seguirà

(*) Bianchi, *Lezioni di Geom. diff.* Vol. I, pag. 457.

facilmante l'altra

$$\Delta\frac{\xi'}{\rho'}=(\Delta\cos a-\operatorname{sen}\sigma)x+\frac{\cos\sigma\operatorname{sen}\omega}{\rho}\alpha+\left[\frac{\operatorname{sen}\sigma}{\rho}+\left(\operatorname{sen}a-\frac{\cos^2\sigma}{\operatorname{sen}a}\right)\Delta\cos\omega\right]\xi+$$
$$+\left(\operatorname{sen}a-\frac{\operatorname{sen}^2\sigma}{\operatorname{sen}a}\right)\Delta\operatorname{sen}\omega\cdot\lambda,$$

rappresentando $\rho'$ il saggio di flessione della $C'$.

Vediamo ora qual valore bisogna attribuire a $\sigma$, affinchè la flessione della $C'$ sia eguale a quella della $C$; dovremo perciò porre nella precedente equazione e nelle analoghe $\frac{1}{\rho'}=\frac{1}{\rho}=\cot b$, dalle quali, quadrando e sommando e facendo opportune riduzioni, si deduce l'identità

$$(\operatorname{sen}^4a\cot^2b-\operatorname{sen}^2a\cos^2b\cos^4\sigma-\operatorname{sen}^2\sigma\cos^2\sigma\operatorname{sen}^2a\cos^2b)\cos^2\omega+$$
$$+(-2\operatorname{sen}^3a\cos a\cot b+2\operatorname{sen}a\cos a\operatorname{sen}b\cos b\cos^4\sigma+2\operatorname{sen}a\cos a\operatorname{sen}b\cos b\operatorname{sen}^2\sigma\cos^2\sigma)\cos\omega+$$
$$+(\operatorname{sen}^2a\cos^2a-\cos^2a\operatorname{sen}^2b\cos^4\sigma-\operatorname{sen}^2a\operatorname{sen}^2b\operatorname{sen}^4\sigma-\operatorname{sen}^2a\cos^2b\operatorname{sen}^2\sigma)=0$$

che dovrà essere soddisfatta per qualunque valore di $\omega$. Ciò esige che sieno contemporaneamente verificate le uguaglianze:

$$\begin{cases}\operatorname{sen}^4a\cot^2b-\operatorname{sen}^2a\cos^2b\cos^4\sigma-\operatorname{sen}^2\sigma\cos^2\sigma\operatorname{sen}^2a\cos^2b=0,\\ -2\operatorname{sen}^3a\cos a\cot b+2\operatorname{sen}a\cos a\operatorname{sen}b\cos b\cos^4\sigma+2\operatorname{sen}a\cos a\operatorname{sen}b\cos b\operatorname{sen}^2\sigma\cos^2\sigma=0,\\ \operatorname{sen}^2a\cos^2a-\cos^2a\operatorname{sen}^2b\cos^4\sigma-\operatorname{sen}^2a\operatorname{sen}^2b\operatorname{sen}^4\sigma-\operatorname{sen}^2a\cos^2b\operatorname{sen}^2\sigma=0,\end{cases}$$

le quali, come facilmente si verifica, equivalgono all'unica

$$(a)\qquad \operatorname{sen}a=\operatorname{sen}b\cos\sigma,$$

che è una relazione tra le quantità $a$, $b$, $\sigma$ che ne determina quindi una, quando siano note le alire due.

Se ne conclude che per ogni valore di $\sigma$ che soddisfa la $(a)$ si hanno $\infty^1$ trasformate della $C$ con la stessa flessione costante, le cui equazioni non saranno altro che le (1) ove ad $\omega$ si sostituisca il valore che si ricava integrando la (3). Questa, essendo un'equazione differenziale ordinaria, facilmente riducibile al tipo di Riccati, il suo integrale generale dovrà contenere una costante arbitraria, ad ogni valore della quale verrà a corrispondere, per ciascuna $\sigma$, una particolare trasformata della $C$, le quali, nel loro insieme, formeranno quindi una doppia infinità di linee della stessa flessione costante.

**2. Superficie dello spazio ellittico con un sistema di linee di curvatura a flessione costante.** — Passando alle superficie e supposto per semplicità eguale a $+1$ la curvatura del nostro spazio, consideriamone una determinata $S$ della classe. Il suo elemento lineare, riferito alle linee di curvatura $u$ e $v$, sarà della forma

$$ds^2=Edu^2+Gdv^2$$

e che determineremo ponendo l'ulteriore condizione che le linee di uno dei due sistemi, p. es. quello delle $v$, siano tutte della medesima flessione $\frac{1}{\rho} = \text{cost.}^{\text{e}}$ Seguiremo per ciò il metodo dato dal prof. Bianchi nel § 10 della sua Memoria: *Sopra i sistemi tripli ortogonali di Weingarten* (*) ove trovasi posto e risoluto il problema in questione nell'ipotesi dello spazio ordinario.

Indicando anzitutto con $\rho_1$, $\rho_2$ i raggi principali di curvatura delle linee $u$ e $v$ e posto

$$\frac{1}{\rho} = \cot b \quad (b = \text{cost.}^{\text{e}}),$$

per una nota relazione tra la flessione e le curvature normale e geodetica di qualsiasi linea tracciata su una superficie, dovrà sussistere l'eguaglianza

$$\left(\frac{1}{\rho^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{EG}}\frac{\partial\sqrt{E}}{\partial v}\right)^2 = \cot^2 b,$$

cui si soddisfa ponendo

$$\frac{1}{\rho_2} = \cot b \operatorname{sen}\vartheta, \quad \frac{1}{\sqrt{EG}}\frac{\partial\sqrt{E}}{\partial v} = \cot b \cos\vartheta, \tag{6}$$

denotando $\vartheta$ una funzione incognita di $u$ e $v$. Ma affinchè l'elemento lineare

$$ds^2 = Edu^2 + Gdv^2 \tag{7}$$

appartenga ad una superficie, di cui $u$ e $v$ siano le linee di curvatura e $\rho_1$, $\rho_2$ i corrispondenti raggi, è necessario e sufficiente che siano soddisfatte le equazioni

$$(A)\quad \begin{cases} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}\right)\frac{\partial \log\sqrt{E}}{\partial v} - \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1}{\rho_2}\right) = 0, \\ \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}\right)\frac{\partial \log\sqrt{G}}{\partial u} + \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{\rho_1}\right) = 0, \\ \frac{1}{\rho_1\rho_2} = -\frac{1}{\sqrt{EG}}\left\{\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial\sqrt{G}}{\partial u}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial\sqrt{E}}{\partial v}\right)\right\} - 1, \end{cases}$$

che sono le note formole di Codazzi e Gauss (**).

Dalla 1.ª, sostituendo ad $\frac{1}{\rho_2}$ e a $\frac{\partial \log\sqrt{E}}{\partial v}$ i loro valori (6), si ricava subito

(*) *Annali di Matematica pura ed applicata.* Serie II, Tomo XIV.
(**) Bianchi, *Lezioni* ecc. Vol. I, pag. 499.

$$\frac{1}{\rho_1} = \cot b \operatorname{sen} \vec{\varphi} + \frac{1}{\sqrt{G}} \frac{\partial \vec{\varphi}}{\partial v}, \tag{8}$$

mentre la 2.ª si riduce alle

$$\frac{\partial^2 \vec{\varphi}}{\partial u \partial v} + \sqrt{G} \cot b \cos \vec{\varphi} \frac{\partial \vec{\varphi}}{\partial u} = 0 \tag{9}$$

e la 3.ª, dopo facili trásformazioni, si semplifica nella

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{\sqrt{E}} \frac{\partial \sqrt{G}}{\partial u}\right) + \frac{\sqrt{EG}}{\operatorname{sen}^2 b} = 0.$$

Quest'ultima, se si introduce la nnova incognita $\theta$ determinata dall'eguaglianza

$$\theta = \frac{1}{\operatorname{sen} b} \int \sqrt{E} du, \tag{10}$$

si semplifica ulteriormente nella

$$\frac{\partial^2 \sqrt{G}}{\partial \theta^2} + \sqrt{G} = 0,$$

da cui, integrando, si ottiene

$$\sqrt{G} = V_1 \cos(\theta + V_2)$$

ove $V_1$ e $V_2$ denotano due funzioni arbitrarie di $v$, di cui la 1.ª potrà supporsi eguale a sen$b$ e l'altra intenderla inclusa in $\theta$. Si hanno così per $\sqrt{E}$, $\sqrt{G}$ i valori

$$\sqrt{E} \operatorname{sen} b \frac{\partial \theta}{\partial u}, \quad \sqrt{G} = \operatorname{sen} b \cos \theta \tag{11}$$

e pei raggi di curvatura $\rho_1$ e $\rho_2$

$$\frac{1}{\rho_1} = \cot b \operatorname{sen} \vec{\varphi} + \frac{1}{\operatorname{sen} b \cos \theta} \frac{\partial \vec{\varphi}}{\partial v}, \quad \frac{1}{\rho_2} = \cot b \operatorname{sen} \vec{\varphi} \tag{12}$$

soddisfacendo $\theta$ e $\vec{\varphi}$ alle due equazioni simultanee a derivate parziali

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \partial v} - \cos b \cos \theta \cos \vec{\varphi} \frac{\partial \theta}{\partial u} = 0, \quad \frac{\partial^2 \vec{\varphi}}{\partial u \partial v} + \cos b \cos \theta \cos \vec{\varphi} \frac{\partial \vec{\varphi}}{\partial u} = 0 \tag{13}$$

che seguono dalle formole precedenti dopo opportune sostituzioni.

Vediamo dunque che nello spazio ellittico, analogamente a quello che abbiamo osservato per l'iperbolico, per ogni superficie avente un sistema di linee di curvatura (p. e. quello delle $v$) a flessione costante $\frac{1}{\rho} = \cot b$, l'elemento lineare corrispondente (7)

è riducibile alla forma

$$(7^*) \qquad ds^2 = \operatorname{sen}^2 b \left\{ \left(\frac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2 du^2 + \cos^2\theta dv^2 \right\},$$

mentre i due raggi principali di curvatura hanno i valori (12), essendo $\theta$ e $\vec{\varphi}$ due funzioni di $u$ e $v$ soddisfacenti le (13).

## 3. Trasformazione delle superficie dello spazio ellittico con un sistema di linee di curvatura a flessione costante.

Il problema, a differenza del caso iperbolico, ha sempre soluzione. Supposto infatti di partire da una superficie $S$ della classe considerata, indichiamo con $x_i$ le coordinate di un suo punto arbitrario $M$, con $\xi_i$ i coseni direttori della normale alla superficie e con $\eta_i$, $\zeta_i$ quelli delle tangenti rispettivamente alle linee $v$ ed $u$; allora, indicando con $a$ la lunghezza costante di un segmento $MM'$ normale alle $v$ e inclinato sulle corrispondenti linee $u$ di un angolo $\omega$ (funzione per ora incognita di $u$ e $v$), gli estremi $M'$ del segmento stesso formeranno una superficie rappresentata dalle equazioni

$$(14) \qquad x' = x\cos a + (\xi\operatorname{sen}\omega + \zeta\cos\omega)\operatorname{sen} a .$$

Vediamo ora di determinare $\omega$ sotto la condizione che la nuova superficie $S'$ sia della stessa specie della $S$; dovremo anzitutto esprimere il fatto che le linee $v$ della $S'$ sono curve della stessa flessione costante come le corrispondenti $v$ della $S$. Per questo, avendo presente i risultati del N.° 1, basterà esprimere che le linee in questione sono trajettorie isogonali, sotto l'angolo $\sigma$ determinato dalla relazione $\operatorname{sen} a = \operatorname{sen} b\cos\sigma$, dei cerchi di curvatura delle superficie canali, aventi per assi le linee $v$ di $S$ e per raggio $a$.

A tale oggetto scriviamo le formole fondamentali

$$(A) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial x}{\partial u} = \operatorname{sen} b \dfrac{\partial\theta}{\partial u}\eta, \quad \dfrac{\partial x}{\partial v} = \operatorname{sen} b\cos\theta\cdot\zeta, \\ \dfrac{\partial\xi}{\partial u} = \cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\eta, \quad \dfrac{\partial\eta}{\partial u} = -\operatorname{sen} b\dfrac{\partial\theta}{\partial u}x - \cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\xi - \cos b\cos\vec{\varphi}\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\zeta, \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \dfrac{\partial\zeta}{\partial u} = \cos b\cos\vec{\varphi}\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\eta, \\ \dfrac{\partial\xi}{\partial v} = \left(\cos b\cos\theta\cos\vec{\varphi} + \dfrac{\partial\vec{\varphi}}{\partial r}\right)\zeta, \quad \dfrac{\partial\eta}{\partial v} = -\operatorname{sen}\theta\cdot\zeta, \quad \dfrac{\partial\zeta}{\partial v} = -\operatorname{sen} b\cos\theta\cdot x - \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad -\left(\cos b\cos\theta\operatorname{sen}\vec{\varphi} + \dfrac{\partial\vec{\varphi}}{\partial v}\right)\xi + \operatorname{sen}\theta\cdot\eta, \end{cases}$$

le quali non sono altro che le (41) a pag. 498, Vol. I delle *Lezioni* del prof. Bianchi, ove alle quantità $E$, $G$, $\dfrac{1}{\rho_1}$, $\dfrac{1}{\rho_2}$ si sono sostituiti i loro valori (11) e (12). Derivando

le (14), ne deduciamo

$$(15)\quad \frac{\partial x'}{\partial u} = \operatorname{sen} a \cos\omega \frac{\partial \omega}{\partial u}\xi + \left[\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos(\omega - \vec{\varphi})\right]\frac{\partial \theta}{\partial u}\eta - \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\omega \frac{\partial \omega}{\partial u}\zeta,$$

da cui, posto secondo il solito,

$$E' = S\left(\frac{\partial x'}{\partial u}\right)^2,$$

segue

$$(16)\qquad E' = \operatorname{sen}^2 a \left(\frac{\partial \omega}{\partial u}\right)^2 + \left[\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos(\omega - \vec{\varphi})\right]^2 \left(\frac{\partial \theta}{\partial u}\right)^2;$$

mentre, derivando le stesse (14) rispetto ad $\omega$, si ha

$$\frac{\partial x'}{\partial \omega} = (\xi \cos\omega - \zeta \operatorname{sen}\omega) \operatorname{sen} a$$

e quindi

$$S\left(\frac{\partial x'}{\partial \omega}\right)^2 = \operatorname{sen}^2 a.$$

Evidentemente, per quanto abbiamo osservato, le linee $v$ della $S'$ saranno effettivamente a flessione costante se sarà soddisfatta l'eguaglianza

$$S(\xi \cos\omega - \zeta \operatorname{sen}\omega)\frac{1}{\sqrt{E'}}\frac{\partial x'}{\partial u} = \cos\sigma$$

o l'equivalente

$$\operatorname{sen} a \frac{\partial \omega}{\partial u} = \cos\sigma \sqrt{E'},$$

fra cui e la (16) eliminando $E'$ risulterà l'equazione differenziale

$$(17)\qquad \frac{\partial \omega}{\partial u} = \left[\cot a \operatorname{sen} b + \cos b \cos(\omega - \vec{\varphi})\right]\cot\sigma \frac{\partial \theta}{\partial u}.$$

Poniamo ora l'ulteriore condizione che le linee $u$ e $v$ della $S'$ siano ortogonali, che cioè si abbia

$$\sum \frac{\partial x'}{\partial u}\frac{\partial x'}{\partial v} = 0:$$

siccome analogamente alle (15), derivando le (14) rispetto alla $u$, si ottiene

$$(18)\quad \frac{\partial x'}{\partial v} = -\operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \cos\omega \cos\theta \cdot x + \operatorname{sen} a \cos\omega \left(-\cos b \cos\theta \operatorname{sen}\vec{\varphi} + \frac{\partial(\omega - \vec{\varphi})}{\partial v}\right)\xi +$$

$$+\operatorname{sen}a\cos\omega\cos\theta\cdot\eta+\left[\cos a\operatorname{sen}b\cos\theta-\operatorname{sen}a\operatorname{sen}\omega\left(-\cos b\cos\theta\operatorname{sen}\vec{\varphi}+\frac{\partial(\omega-\vec{\varphi})}{\partial v}\right)\right]\zeta,$$

sostituendo ed eseguendo facili riduzioni, troveremo per $\omega$ la nuova equazione

$$\frac{\partial\omega}{\partial v}=\frac{\partial\vec{\varphi}}{\partial v}+\cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\cos\theta-\operatorname{tg}\sigma\cos\omega\operatorname{sen}\theta+\cot a\operatorname{sen}b\operatorname{sen}\omega\cos\theta, \tag{19}$$

che dovrà coesistere con la (17), a volere che la trasformazione in discorso sia possibile.

Per questo dovremo verificare la condizione d'integrabilità pel sistema delle due equazioni (17) e (19) espressa dall'eguaglianza

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\right)=\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{\partial\omega}{\partial v}\right). \tag{b}$$

Intanto se deriviamo la (17) rispetto a $v$ e sostituiamo a $\frac{\partial(\omega-\vec{\varphi})}{\partial v}$, $\frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v}$ i loro valori che si ricavano dalla (18) e dalla 1.ª delle (13) si trova

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\right)=\Big\{&-\cos^2 b\cot\sigma\operatorname{sen}\vec{\varphi}\cos\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})+\cos b\cos\omega\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})-\\&-\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\operatorname{sen}\omega\cos\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})+\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\cos\theta\cos\vec{\varphi}+\\&+\cos^2 b\cot\sigma\cos\theta\cos\vec{\varphi}\cos(\omega-\vec{\varphi})\Big\}\frac{\partial\theta}{\partial u}\end{aligned}$$

e procedendo analogamente per la (19), avuto riguardo alla (17) e alla 2.ª delle (13), risulta

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{\partial\omega}{\partial v}\right)=\Big\{&-\cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\operatorname{sen}\theta+\cos b\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega\cos(\omega-\vec{\varphi})-\operatorname{tg}\sigma\cos\omega\cos\theta+\\&+\cot^2 a\operatorname{sen}^2 b\cot\sigma\cos\omega\cos\theta+\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\cos\omega\cos\theta\cos(\omega-\vec{\varphi})\Big\}\frac{\partial\theta}{\partial u};\end{aligned}$$

per conseguenza, sostituendo questi valori nella (*b*), avremo l'eguaglianza

$$\begin{aligned}&-\cos^2 b\cot\sigma\operatorname{sen}\vec{\varphi}\cos\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})+\cos b\cos\omega\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})-\\&\qquad-\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\operatorname{sen}\omega\cos\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})+\\&+\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\cos\theta\cos\vec{\varphi}+\cos^2 b\cot\sigma\cos\theta\cos\vec{\varphi}\cos(\omega-\vec{\varphi})=-\cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\operatorname{sen}\theta+\\&\qquad+\cos b\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega\cos(\omega-\vec{\varphi})-\\&-\operatorname{tg}\sigma\cos\omega\cos\theta+\cot^2 a\operatorname{sen}^2 b\cot\sigma\cos\omega\cos\theta+\cot a\operatorname{sen}b\cos b\cot\sigma\cos\omega\cos\theta\cos(\omega-\vec{\varphi}),\end{aligned}$$

che con opportune riduzioni si semplifica nella

$$\cos^2 b\cot\sigma=-\operatorname{tg}\sigma+\cot^2 a\operatorname{sen}^2 b\cot\sigma$$

la quale è identicamente soddisfatta ricordando che tra $a$, $b$ e $\sigma$ sussiste la relazione $(a)$, N.° 1.

Con ciò resta provata la compatibilità delle due equazioni (17) e (19); di guisa che il valore di $\omega$ che figura nelle (14) sarà determinato dall'equazione ai differenziali totali

$$d\omega = \left[\cot a \operatorname{sen} b + \cos b \cos(\omega - \vec{\varphi})\right] \cot\sigma \frac{\partial\theta}{\partial u} + \left[\frac{\partial\vec{\varphi}}{\partial v} + \cos b \operatorname{sen}\vec{\varphi} \cos\theta - \operatorname{tg}\sigma \cos\omega \operatorname{sen}\theta + \right.$$
$$\left. + \cot a \operatorname{sen} b \cos b \operatorname{sen}\omega \cos\theta\right] dv$$

e conterrà quindi una costante arbitraria. Di qui risulta che per ogni valore di $\sigma$ o di $a$ vi sono $\infty^1$ superficie trasformate, e poichè $a$ può farsi variare da $o$ all'$\infty$, se ne deduce che $\infty^2$ sono le trasformate $S'$ che possiamo ottenere con la costruzione suindicata, appartenenti tutte, come ora andiamo a provare, alla classe medesima.

**4. Verifiche relative alla superficie trasformata.** — Per quanto abbiamo veduto sopra, basterà che ci limitiamo a riconscere che sulla $S'$ le linee $u$ e $v$, corrispondenti a quelle di curvatura di $S$, sono esse pure di curvatura per $S'$. Intanto, per essere $u$ e $v$ ortogonali, l'elemento lineare $ds'$ della $S'$ sarà della forma

$$ds'^2 = E' du^2 + G' dv^2$$

ove $E'$ avrà il valore

$$E' = \operatorname{sen}^2 b \left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\right)^2 \tag{20}$$

che risulta eliminando $\frac{\partial\theta}{\partial u}$ tra le (16) e (17); quanto a $G'$ osserviamo che se si elimina $\frac{\partial(\omega - \vec{\varphi})}{\partial v}$ tra le (18) e (19) otteniamo

$$\frac{\partial x'}{\partial v} = \operatorname{sen} a \cos\omega \left[-\operatorname{sen} b \cos\theta \cdot x + (-\operatorname{tg}\sigma \cos\omega \operatorname{sen}\theta + \cot a \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\omega \cos\theta)\,\xi + \right. \tag{21}$$
$$\left. + \operatorname{sen}\theta \cdot \eta + (\cot a \operatorname{sen} b \cos\theta \cos\omega + \operatorname{tg}\sigma \operatorname{sen}\theta \operatorname{sen}\omega)\,\zeta\right]$$

da cui

$$G' = S\left(\frac{\partial x'}{\partial v}\right)^2 = \operatorname{sen}^2 b \cos^2\omega \tag{22}$$

e quindi

$$ds'^2 = \operatorname{sen}^2 b \left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\right)^2 du^2 + \operatorname{sen}^2 b \cos^2\omega\, dv.$$

Questo è dunque l'elemento lineare richiesto che, come si vede, non differisce da quello (7*) che abbiamo determinato per $S$.

Passiamo ora a calcolare i coseni direttori della normale alla $S'$ e quelli delle tangenti alle sue liuee coordinate $u$ e $v$ i cui valori ci occorrono onde poter verificare che queste linee sono di curvatura per la superficie. Gioverà anzitutto considerare insieme alla (21) la

$$(23)\quad \frac{\partial x'}{\partial u} = \Big(\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b\,(\omega - \vec{\varphi})\Big)\ \Big(\cot\sigma\cos\omega\cdot\xi + \eta - \cot\sigma\operatorname{sen}\omega\cdot\zeta\Big)\frac{\partial\theta}{\partial u}$$

che si ottiene dalla (15) elfminando $\frac{\partial\omega}{\partial u}$ tra essa e la (17). Allora se con $\xi'_i$ indichiamo i coseni direttori della normale predetta, essi dovranno soddisfare le quattro equazioni simultanee

$$S\xi'_i x'_i = 0,\quad S\xi'_i\frac{\partial x'_i}{\partial u} = 0,\quad S\xi'_i\frac{\partial x'_i}{\partial v} = 0,\quad S\xi'^2_i = 1,$$

da cui, avuto riguardo alle (14), (21) e (23), si deduce

$$(24)\quad \xi' = \operatorname{sen} a\operatorname{sen}\theta\cdot x - (\cos a\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega + \operatorname{sen}\sigma\cos\theta\cos\omega)\,\xi + \cos\sigma\cos\theta\cdot\eta + \\ + (-\cos a\operatorname{sen}\theta\cos\omega + \operatorname{sen}\sigma\cos\theta\operatorname{sen}\omega)\,\zeta;$$

mentre pei coseni direttori $\eta'_i$, $\zeta'_i$ delle tangenti rispettivamente alle linee $v$ ed $u$, osservate le (21), (23), (17), (20) e (22), non che la $(a)$, si trovano facilmente i valori

$$(25)\quad \begin{cases} \eta' = \dfrac{1}{\sqrt{E'}}\dfrac{\partial x'}{\partial u} = \cos\sigma\cos\omega\cdot\xi + \operatorname{sen}\sigma\cdot\eta - \operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}\omega\cdot\zeta, \\ \zeta' = \dfrac{1}{\sqrt{G'}}\dfrac{\partial x'}{\partial v} = -\operatorname{sen} a\cos\theta\cdot x + (-\operatorname{sen}\sigma\cos\omega\operatorname{sen}\theta + \cos a\operatorname{sen}\omega\,o\cos\theta)\,\xi + \\ \qquad + \cos\sigma\operatorname{sen}\theta\cdot\eta + (\cos a\cos\theta\cos\omega + \operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega)\,\zeta. \end{cases}$$

Ora siamo in grado di dimostrare che anche sulla $S'$ le linee coordinate $u$ e $v$ sono di curvatura; basterà per ciò verificarlo per un sistema, p. e. per quello delle linee $v$, che cioè sussiste la relazione

$$(26)\quad \frac{\partial\xi'_i}{\partial u} = \frac{1}{\rho'_2}\frac{\partial x'_i}{\partial u}$$

indicando $\frac{1}{\rho'_2}$ un fattore di proporzionalità.

Derivaudo perciò la (24) ed osservando le (17) non che la (22) medesima, si avrà l'eguaglianza

$$(27)\quad \frac{\partial\xi'}{\partial u} = A\xi + B\eta + C\zeta$$

ove abbiamo posto per semplicità

$$(28)\quad \begin{cases} A=\Big[-\cos a\cos\theta\operatorname{sen}\omega-(\cos a\operatorname{sen}\theta\cos\omega-\operatorname{sen}\sigma\cos\theta\operatorname{sen}\omega)\big(\cot a\operatorname{sen}b+\cos b\cos(\omega-\vec{\varphi})\big)\cot\sigma+ \\ \qquad +\operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}b\operatorname{sen}\theta-\cos\sigma\cos\theta\cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\Big]\dfrac{\partial\theta}{\partial u}, \\ B=\Big[\operatorname{sen}a\operatorname{sen}b\operatorname{sen}\theta-\cos b\operatorname{sen}\vec{\varphi}\,(\cos a\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega+\operatorname{sen}\sigma\cos\theta\cos\omega)-\cos\sigma\operatorname{sen}\theta+ \\ \qquad +\cos b\cos\vec{\varphi}\,(-\cos a\operatorname{sen}\theta\cos\omega+\operatorname{sen}\sigma\cos\theta\operatorname{sen}\omega\Big]\dfrac{\partial\theta}{\partial u}, \\ C=\Big[-\cos\sigma\cos b\cos\theta\cos\vec{\varphi}+(\cos a\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega+\operatorname{sen}\sigma\cos\theta\cos\omega)\big(\cot a\operatorname{sen}b+\cos b\cos(\omega-\vec{\varphi})\big)\cot\sigma- \\ \qquad -\cos a\cos\theta\cos\omega-\operatorname{sen}\sigma\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\omega\Big]\dfrac{\partial\theta}{\partial u}. \end{cases}$$

A voler dunque che sia soddisfatta la (26), bisognerà che i coefficienti di $\xi$, $\eta$, $\zeta$ delle due espressioni (23) e (27) siano proporzionali, che cioè sussista l'eguaglianza dei rapporti

$$(29)\qquad \frac{A}{\cot\sigma\cos\omega}=\frac{B}{1}=\frac{C}{-\cot\sigma\operatorname{sen}\omega},$$

o, ciò che è lo stesso, che siano identicamente verificate le due eguaglianze

$$A-B\cot\sigma\cos\omega=0,\qquad B\cdot\cot\sigma\operatorname{sen}\omega+C=0;$$

ma poichè queste effettivamente lo sono, come risulta facendo in esse le sostituzioni (28) ed eseguendo calcoli elementari, che non differiscono da quelli già eseguiti nel caso iperbolico (*), ne concludiamo che le linee considerate $v$ (e quindi anche $bu$) saranno di curvatura per la superficie trasformata $S'$, mentre la quantità $\rho_2'$ che figura nella (26) ne sarà il corrispondente raggio di curvatura. Per trovarne il valore, basterà nella (26) a $\dfrac{\partial x'}{\partial u}$, $\dfrac{\partial\xi'}{\partial u}$ sostituire le loro espressioni (23) e (27), ma a cagione della proporzionalità (29) dei coefficienti di $\xi$, $\eta$, $\zeta$ delle espressioni medesime, avremo più semplicemente

$$\frac{1}{\rho_2'}=\frac{B}{\cos a\operatorname{sen}b+\operatorname{sen}a\cos b\cos(\omega-\vec{\varphi})}$$

od anche, sostituendo a $B$ il suo valore (28) e tenendo presente la ($a$) del N.° 1

$$(30)\quad \frac{1}{\rho_2'}=-\cot b\,\frac{\operatorname{sen}a\cos b\operatorname{sen}\theta+\cos a\operatorname{sen}b\operatorname{sen}\theta\cos(\omega-\vec{\varphi})-\operatorname{sen}b\operatorname{sen}\sigma\cos\theta\operatorname{sen}(\omega-\vec{\varphi})}{\cos a\operatorname{sen}b+\operatorname{sen}a\cos b\cos(\omega-\vec{\varphi})};$$

ma poichè, come andiamo ora a verificare, il coefficiente di $\cot b$ è in valore assoluto minor d'uno, potremo porre

(*) Vedi Memoria surricordata.

$$\frac{1}{\rho_2'} = \cot b \operatorname{sen} \varphi', \tag{31}$$

ottenendo così per il valore del raggio di curvatura corrispondente alle linee $v$ di $S'$ un'espressione identica a quella che abbiamo trovata per il raggio di curvatura di $S$ relativo alle sue linee $v$.

Se infatti poniamo

$$\Phi = -\frac{\operatorname{sen} a \cos b \operatorname{sen}\theta + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi - \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\sigma \cos\theta \cos\psi}{\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi}$$

ove

$$\Psi = \omega - \psi ;$$

basterà mostrare che sussiste la disuguaglianza

$$1 - \Phi^2 > 0$$

o l'equivalente

$$\frac{(\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi)^2 - \{(\operatorname{sen} a \cos b + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi)\operatorname{sen}\theta - \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\sigma \operatorname{sen}\psi \cos\theta\}^2}{(\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi)^2} > 0$$

o infine l'altra

$$(\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi)^2 - \{(\operatorname{sen} a \cos b + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi)\operatorname{sen} b - \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\sigma \operatorname{sen}\psi \cos\theta\}^2 > 0.$$

Il primo membro di quest'ultima, qualora si moltiplichi il primo termine di essa per $\operatorname{sen}^2\theta + \cos^2\theta$, si vede subito che è un'espressione della forma

$$L \operatorname{sen}^2\theta + 2M \operatorname{sen}\theta \cos\theta + N \operatorname{sen}^2\theta \tag{32}$$

ove

$$\begin{cases} L = (\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi)^2 - (\operatorname{sen} a \cos b + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi)^2, \\ M = \operatorname{sen} b \operatorname{sen}\sigma \operatorname{sen}\psi (\operatorname{sen} a \cos b + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi), \\ N = (\cos a \operatorname{sen} b + \operatorname{sen} a \cos b \cos\psi)^2 - \operatorname{sen}^2 b \operatorname{sen}^2\sigma \operatorname{sen}^2\psi , \end{cases} \tag{33}$$

e poichè, eseguendo facili riduzioni, si trova

$$L = \operatorname{sen}^2 b \operatorname{sen}^2\sigma \operatorname{sen}^2\psi , \qquad N = (\operatorname{sen} a \cos b + \cos a \operatorname{sen} b \cos\psi)^2$$

e quindi, osservate le (33), $LN = M^2$, ne segue che la (32) sarà un quadrato perfetto, e precisamente il quadrato di

$$\sqrt{L} \operatorname{sen}\theta + \sqrt{N} \cos\theta .$$

Questo prova che sussistendo allora l'eguaglianza

$$1 - \Phi^2 = \frac{(\sqrt{L}\,\mathrm{sen}\theta + \sqrt{N}\cos\theta)^2}{(\cos a\,\mathrm{sen}b + \mathrm{sen}a\cos b\cos\psi)^2},$$

sarà $\Phi$ in valore assoluto minor d'uno, e quindi potremo effettivamente porre come abbiamo fatto

$$\Phi = \mathrm{sen}\vec{\varphi}',$$

e conseguentemente

$$\cos\vec{\varphi}' = \pm\frac{\sqrt{L}\,\mathrm{sen}\theta + \sqrt{N}\cos\theta}{\cos a\,\mathrm{sen}b + \mathrm{sen}a\cos b\cos\psi}$$

ove il segno da prendersi, come non sarebbe difficile provare, è il negativo.

Ripetendo considerazioni e calcoli perfettamente analoghi a quelli svolti nella più volte citata Memoria, si troverebbe per il valore $\rho_1'$ del raggio di curvatura di $S'$ relativa alle linee $u$ l'espressione

$$\frac{1}{\rho_1'} = \cot b\,\mathrm{sen}\vec{\varphi}' + \frac{1}{\mathrm{sen}b\cos\omega}\frac{\partial\vec{\varphi}'}{\partial v}$$

uguale alla corrispondente (12) che abbiamo ottenuta per la $S$, soddisfacendo le due quantità $\omega$ e $\vec{\varphi}'$ alle due equazioni alle derivate parziali

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial u\,\partial v} - \cos b\cos\omega\cos\vec{\varphi}'\frac{\partial\omega}{\partial u} = 0, \quad \frac{\partial^2\vec{\varphi}'}{\partial u\,\partial v} + \cos b\cos\omega\cos\vec{\varphi}'\frac{\partial\vec{\varphi}'}{\partial u} = 0$$

le quali non differiscono, come si vede, dalle corrispondenti (13) concernenti la $S$.

# ARCHI ELASTICI RIBASSATI

## METODO ABBREVIATO DI CALCOLO


MEMORIA

DEL

Prof. SILVIO CANEVAZZI



letta nella Sessione del 19 Novembre 1916.

(CON UNA TAVOLA)


**1.** Nello studio dell'equilibrio degli archi elastici, fatto con metodo geometrico o misto, si usano ordinariamente due linee ausiliarie

*a*) Il luogo geometrico dei punti d'incontro della retta d'azione di un carico mobile sull'arco colle direzioni delle reazioni, cui dà origine il carico anzidetto — *Linea delle intersezioni.*

*b*) Il luogo geometrico, inviluppo delle reazioni d'appoggio corrispondenti ad un carico mobile sull'arco — *Linea inviluppo delle reazioni.*

Le pubblicazioni fatte sull'argomento da Winkler, Kulmann, Ritter, Guidi etc. hanno messo in evidenza l'utilità e l'uso di queste linee per lo studio dell'effetto che un carico mobile produce sopra un arco, e non é il caso di richiamare cose notissime e riprodotte ormai nei testi usuali di meccanica applicata alle costruzioni. Si può però osservare che se la linea delle intersezioni all'atto pratico dà un punto della reazione d'appoggio con sufficente approssimazione, non si può sempre dire altrettanto per la linea inviluppo delle reazioni, che, pel modo stesso col quale la curva viene tracciata, può lasciare qualche dubbio circa la precisione raggiungibile nel determinare la tangente, direzione della reazione cercata. In presenza di questa considerazione accade di pensare alla convenienza di sostituire alla linea inviluppo una curva tracciabile per punti, e la prima idea è di ricorrere al luogo geometrico dei punti di intersezione della retta d'azione della forza considerata coll'orizzontale passante per la traccia delle reazioni sulle verticali agli appoggi. È intuitivo che nel caso generale ed in via astratta fra i due metodi non vi può essere gran differenza, ma in quei casi particolari, nei quali, sia per la forma dell'arco, sia per l'uso di ipotesi approssimate semplificative, correntemente impiegate dagli ingegneri, le curve ausiliarie prendono una forma facilmente determinabile a priori, l'impiego di linee che diano due punti della retta d'azione

della reazione può presentare una maggiore utilità pratica apprezzabile. Tale condizione di cose si incontra nello studio degli archi circolari ribassati e degli archi parabolici incastrati alle estremità quando interessa una ricerca soltanto largamente approssimata, fatta trascurando la componente assiale e la variazione del momento d'inerzia e tenendo conto del solo effetto del momento flettente. Questo caso può presentarsi tutte le volte che si intraprende uno studio di prima approssimazione, oppure quando la natura del materiale, per esempio il cemento armato, è tale che una ulteriore approssimazione non starebbe forse in relazione colla precisione attendibile per effetto delle ipotesi fondamentali relative al modo di resistere del materiale stesso. Per questi casi sembra possa essere praticamente utile studiare un metodo abbreviato di calcolo informato ai concetti superiormente esposti.

**2.** È noto che i costruttori ritengono approssimazione accettabile considerare gli archi circolari ribassati come archi parabolici aventi la medesima corda e la stessa freccia, per cui la teoria usuale pel calcolo degli archi ribassati, siano essi circolari o parabolici, viene svolta ritenendo l'arco parabolico. Premessa questa considerazione, siano (Fig. 1 e 2)

$ACB$ l'asse di un arco parabolico, simmetrico rispetto alla verticale passanti per il vertice $C$, elastico ed incastrato alle estremità $A$ e $B$

$AB$ la corda dell'arco, che si suppone presa come asse delle assisse $x$ coll'origine in $A$

$V'$ e $V''$ le reazioni verticali corrispondenti alle sezioni estreme in $A$ ed in $B$

$CD$ la verticale passante per la chiave dell'arco (vertice della parabola $ACB$) ed asse di simmetria del sistema resistente

$LN$ la direzione di una forza verticale $P$ distante $a$ dall'estremo $A$ e $b$ dall'estremo $B$

$Ay$ la verticale passante pel baricentro $A$ della sezione estrema dell'arco in $A$, che si assume come asse delle ordinate $y$

$LO$ l'orizzontale passante pel punto $L$ di intersezione della forza $P$ colle reazioni d'appoggio $R'$ ed $R''$, che le fanno equilibrio

$LS$ la direzione della reazione $R'$ all'appoggio $A$ ed $S$ la sua traccia sull'asse della $y$

$\alpha'$ l'angolo che la direzione $LS$ della reazione $R'$ fa coll'orizzontale $LO$

$l = 2c$ la lunghezza della corda $AB$ dell'arco

$\eta'$ la lunghezza $OS$ misurata sull'asse delle $y$

$\zeta'$ l'ordinata $y'$ della traccia $S$ rispetto all'asse $AB$

$Q$ la spinta orizzontale prodotta dall'arco:

$$Q = R'\cos\alpha', \quad V' = R'\operatorname{sen}\alpha' \quad R' = \sqrt{Q^2 + V'^2}$$

$M'$ ed $M''$ rispettivamente i momenti d'incastro nelle sezioni estreme in $A$ ed in $B$

$U$ il punto d'intersezione della orizzontale passante per la traccia $S$ colla direzione, o retta d'azione, della forza $P$ considerata

$z$ l'ordinata rispetto all'asse $AB$ del luogo geometrico dei punti $L$, punti di intersezione della forza considerata colle reazioni che le corrispondono — *linea delle intersezioni.*

$y'$ l'ordinata del luogo geometrico dei punti $U$, che indicheremo col nome di *curva* o *linea delle tracce*, perchè determinato dai punti d'incontro delle orizzontali passanti per le tracce $S$ colla retta d'azione della forza corrispondente: $y'$ è uguale all'ordinata $\zeta'$ della traccia $S$, $a = x$

Dalla figura si ricava

$$y' = \zeta' = z - a \operatorname{tg} \alpha' = z - x \frac{V'}{Q} \qquad (1)$$

che rappresenta l'equazione della linea delle tracce.

Dato un carico $P$, la sua retta d'azione determina sulle due linee $A'C'B'$ (delle intersezioni) ed $\alpha\beta\gamma\delta$ (delle tracce) i due punti $L$ ed $U$. Condotta per $U$ una orizzontale ad intersecare in $S$ l'asse delle $y$, la $LS$ è la direzione della reazione all'estremo $A$; in modo analogo, cioè tracciando una curva simmetrica alla $\alpha\beta\gamma\delta$ oppure una retta simmetrica ad $LN$, rimane determinata la reazione all'estremo $B$. Un semplice triangolo delle forze (Fig. 3) dà le reazioni $R'$ ed $R''$, la spinta $Q$ e le reazioni verticali $V'$ e $V''$.

**3.** Premesse queste considerazioni di ordine generale prendiamo in esame il caso, assai frequente nella pratica, di dover calcolare un arco elastico simmetrico parabolico oppure circolare ribassato, che, come è stato osservato superiormente, può essere considerato come un arco parabolico, ed indichiamo con

$A$ l'area resistente di una sezione qualsiasi $\sigma$

$I$ il momento d'inerzia della stessa sezione qualsiasi $\sigma$

$A_0$ ed $I_0$ l'area ed il momento d'inerzia delta sezione $\sigma_0$ di chiave

$s$ la lunghezza dell'asse (fibra media) dell'arco considerato

$\rho^2 = \frac{I}{A}$ e $\rho_0^2 = \frac{I_0}{A_0}$ i raggi di girazione di una sezione qualsiasi $\sigma$ e della sezione di chiave $\sigma_0$

$f$ la freccia $CD$ dell'arco in chiave

$E$ il modulo di elasticità longitudinale del materiale

$\varepsilon$ il coefficente di dilatazione termica

$t$ il numero di gradi centigradi di variabilità ammissibile per la temperatura

e supponiamo che le condizioni esecutive siano tali, che possa essere accettata come sufficentemente approssimata l'ipotesi che sia $\frac{ds}{I} = \frac{dx}{I_0}$, ossia $I = I_0 \frac{ds}{dx}$

I trattati di scienza delle costruzioni e quelli sulla costruzione dei ponti dànno le

formule risolventi per gli archi elastici, che si trovano nelle condizioni sopra indicate, ricavandole razionalmente coi metodi propri alla scienza delle costruzioni. Per lo studio che ci occupa appare sufficente riportare le furmule finali

*a*) Nell'ipotesi di una variazione di temperatu di $t$ gradi

$$Q = \frac{\varepsilon t E A_0}{1 + \frac{4}{45}\frac{f^2}{\rho_0^2}}$$

$$M' = M'' = \frac{2}{3} Qf$$

$$\Delta f = \varepsilon t f + \frac{Qfc^2}{12EI_0}\left(1 - 12\frac{\rho_0^2}{c_2}\right)$$

*b*) Nell'ipotesi di un carico $p$ uniformemente distribuito per metro corrente di corda

$$Q = \frac{pc^2}{2f} \times \frac{1}{1 + \frac{45}{4}\frac{\rho_0^2}{f^2}\left(1 + \frac{2}{3}\frac{f^2}{c^2}\right)}$$

$$M' = M'' = -\frac{pc^2}{3}\left(1 - \frac{1}{1 + \frac{45}{4}\frac{\rho_0^2}{f^2}\left(1 + \frac{2}{3}\frac{f^2}{c^2}\right)}\right)$$

$$\Delta f = -\frac{pc^4}{24EI_0}\left(1 - \frac{1 - 12\frac{\rho_0^2}{c^2}\left(1 + \frac{f^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{15}{4}\frac{\rho_0^2}{f^2}\left(1 + \frac{2}{3}\frac{f^2}{c^2}\right)}\right)$$

*c*) Nell'ipotesi di un carico isolato $P$ agente della direzione verticale $LN$, distante $a$ dall'estremo $A$ e $b = (l - a)$ dall'estremo $B$

$$V' = \frac{Pb^2(c + a)}{4c^3}$$

$$Q = \frac{15}{32}\frac{Pa^2b^2}{c^3 f}\frac{1}{1 + \frac{45}{4}\frac{\rho_0^2}{f^2}}$$

$$M' = \frac{Pab^2}{4c^2}\left[\frac{5}{45\frac{\rho_0^2}{f^2} + 4}\frac{a}{c} - 1\right]$$

$$\Delta f = \frac{c^2}{2EI_0}\left[\frac{1}{2}V'c - \frac{1}{2}Qf\left(1 + 4\frac{\rho_0^2}{c^2}\right) + M'\right].$$

Per la prima e seconda ipotesi considerata non è il caso di fare speciali ricerche,

poichè, calcolati $V'$, $Q$ ed $M'$ e fatto il rapporto

$$\zeta' = AS = \frac{M'}{Q}$$

si hanno gli elementi per tracciare la curva delle pressioni, e quindi per avere i valori delle caratteristiche di sollecitazione necessarî per conoscere in ogni sezione lo sforzo unitario subìto dal materiale. Il caso è diverso per la terza ipotesi poichè, il carico essendo mobile, occorre determinare le reazioni, che esso produce in ogni posizione, praticamente pei ponti interessa stabilire il valore delle reazioni corrispondenti ai carichi trasmessi da ogni singolo traverso. È in questo caso che tornano utili le linee delle intersezioni e di inviluppo delle tangenti, oppure quella delle tracce superiormente proposta, per la determinazione delle reazioni d'imposta, ed è interessante vedere come per un arco ribassato tali curve possono essere tracciate a priori facilmente, con sufficente approssimazione, semplificando molto i calcoli di resistenza in quei casi superiormente considerati, nei quali interessa soltanto una ricerca di prima approssimazione.

Quando il calcolo dell'arco deve essere svolto nelle condizioni indicate, specialisti di autorità riconosciuta, come ad esempio il prof. Mesnager, ritengono che nelle formule che dànno le incognite iperstatiche $V'$, $Q$ ed $M'$ possa essere trascurata l'influenza della componente assiale $X$ e quindi anche il coefficente $\frac{\rho_0^2}{f^2}$. In questa supposizione le formule superiori prendono la forma seguente

$$V' = \frac{b^2(c+a)}{4c^3} P \qquad V'' = \frac{a^2(c+b)}{4c^3} P$$

$$M' = \frac{b^2 a}{4c^2}\left(\frac{5a}{4c} - 1\right) P \qquad M'' = \frac{a^2 b}{4c^2}\left(\frac{5b}{4c} - 1\right) P$$

$$Q' = -Q'' = \pm Q = \frac{15}{32}\frac{a^2 b^2}{c^3 f} P$$

Da queste formule si ricava immediatamente

$$\operatorname{tg}\alpha' = \frac{V'}{Q} = \frac{8f}{15a^2}(c+a)$$

$$\eta' = a\operatorname{tg}\alpha' = \frac{8f}{15a}(c+a) = \frac{f}{15a}(8c+8a)$$

$$\zeta' = y' = \frac{M'}{Q} = \frac{f}{15a}(10a - 8c)$$

$$z' = \eta' + \zeta' = \eta' + y' = \frac{18}{15} f$$

cioè la linea delle intersezioni è rappresentata da una retta orizzontale, e quindi paral-

lela alla corda $AB$ dell'arco e distante da essa $+\frac{18}{15}f$, in modo che può essere tracciata a priori con estrema facilità.

Mesnager si è occupato di questa questione ammettendo le semplificazioni sopra indicate, e nel suo — cours de Béton armé — enuncia che la linea inviluppo delle reazioni si riduce in queste condizioni ad una iperbole, che ha per assintoto la verticale passante pel baricentro $A$ della sezione estrema ed il centro sulla stessa verticale con ordinata $y = +\frac{14}{15}f$, (nel punto $T$ Fig. 2) l'altro assiutoto taglia la verticale passante pel baricentro della sezione estrema in $B$ in un punto di ordinata $+\frac{10}{15}f$ (punto $H$) e l'iperbole taglia la verticale $CD$ passante per la chiave $C$ in un punto $M$ di ordinata $+\frac{10}{15}f = +\frac{2}{3}f$. Con questi elementi l'iperbole rimane definita e può essere facilmente tracciata utilizzando i noti procedimenti grafici in uso per questa speciale curva di secondo grado.

In conformità a quanto è stato detto superiormente, invece di ricorrere alla linea inviluppo delle reazioni si può, per la risoluzione dell'arco e la conseguente determinazione delle incognite iperstatiche, usufruire del luogo geometrico, che abbiamo chiamato linea o curva delle tracce. Per una data posizione del carico $P$ l'assissa $x$ del punto $N$ è data da $x = a$ e quindi per la (1)

$$y' = z - a \operatorname{tg} \alpha' = \frac{18}{15}f - \frac{8cf}{15a} - \frac{8}{15}f$$

ossia, riducendo,

$$y' = \frac{10}{15}f - \frac{8cf}{15a} \qquad (2)$$

che rappresenta una iperbole aventi per assiutoti la verticale $SA'$ ed una orizzontale (parallela alla corda) aventi per ordinata $y'_3 = +\frac{2}{3}f$ (per $a = \infty$ $y' = \frac{10}{15}f = \frac{2}{3}f$).

Per $a = c, y' = +\frac{2}{15}f$, cioè un punto della curva delle tracce è situato sulla verticale di chiave $DC$, distante dalla corda $+\frac{2}{15}f$ e posto superiormente alla medesima, quindi la curva rimane determinata e può essere facilmente tracciata geometricamente per punti, usufruendo di uno dei metodi sopra ricordati convenieuti a questa famiglia di curve di secondo grado.

Se con $n$ si indica un coefficente numerico variabile fra zero e due e si pone $x = a = nc$ l'equazione (2) diventa

$$y' = \left(\frac{10}{15} - \frac{8}{15n}\right)f = \left(0{,}66 - \frac{0{,}53}{n}\right)f$$

Dando ad $n$ valori successivamente crescenti si possono determinare in funzione di $f$ le ordinate della curva delle tracce conveniente ad un arco qualsiasi, la quale permetta di valutare le incognite iperstatiche nel modo indicato. Eseguendo questi calcoli si ottiene il quadro seguente

| Valori di $n$ | Valori di $y'$ |
|---|---|
| $n = 0{,}10$ | $y' = -4{,}64\,f$ |
| $n = 0{,}20$ | $y' = -1{,}99\,f$ |
| $n = 0{,}30$ | $y' = -1{,}10\,f$ |
| $n = 0{,}40$ | $y' = -0{,}66\,f$ |
| $n = 0{,}50$ | $y' = -0{,}40\,f$ |
| $n = 0{,}75$ | $y' = -0{,}04\,f$ |
| $n = 1{,}00$ | $y' = +0{,}13\,f$ |
| $n = 1{,}25$ | $y' = +0{,}24\,f$ |
| $n = 1{,}50$ | $y' = +0{,}31\,f$ |
| $n = 1{,}75$ | $y' = +0{,}36\,f$ |
| $n = 2{,}00$ | $y' = +0{,}40\,f$ |

La curva simmetrica serve per determinare la reazione all'estremo $B$. Si può anche usare un'unica curva, ma allora per avere il punto $S$ ($S''$) bisogna tracciare la $L''\ N''$ simmetria ad $LN$.

Disegnato l'arco (la fibra media) la retta delle intersezioni $A'\ B'$ e l'iperbole delle tracce $\alpha\beta\gamma\delta$ non che la sua simmetrica, le reazioni corrispondenti ad un carico $P$ si determinano nel modo seguente

*a*) Si tracci sul disegno la retta d'azione della forza $P$, prolungandola fino ad incontrare in $L$ la retta $A'\ B'$ delle intersezioni ed in $U$ ($U'\ U''$) le due iperbole delle tracce

*b*) Per $U$ ($U'$ ed $U''$) si conduca orizzontalmente $US$ ($U'S'$ ed $U''S''$) ad incontrare in $S$ ($S'$ ed $S''$) la verticale passante pel baricentro della sezione estrema dell'arco

*c*) Si tirino $LS'$ ed $LS''$, queste due rette dànno rispettivamente le direzioni delle reazioni $R'$ ed $R''$

*d*) Si decomponga la forza $P$ secondo le due direzioni $LS'$ ed $LS''$ con un triangolo od un parallelogramma delle forze (Fig. 3) si ottengono così le intensità ed il senso d'agire delle reazioni $R'$ ed $R''$

*e*) si decompongano le $R'$ ed $R''$ nelle loro componenti verticali ed orizzontali (Fig. 3) le quali daranno rispettivamente $V'$ e $Q' = Q$, $V''$ e $Q'' = -Q$

*f*) Si misurino alla scala del disegno le lunghezze

$$AS' = \zeta' \text{ ed e } BS'' = \zeta''$$

$$M' = Q \times AS' = Q\zeta'$$

$$M'' = Q \times BS' = Q\zeta''$$

ed il problema iperstatico della determinazione delle reazioni prodotte da un carico isolato agente verticalmente sopra un arco elastico simmetrico, ribassato ed incastrato nelle sue sezioni estreme, risulta completamente risoluto.

Il tracciamento della curva delle pressioni e d'influenza, non chè la valutazione delle caratteristiche di sollecitazione e di deformazione e degli sforzi unitarî subìti dal materiale, rientra nella teoria ordinaria degli archi e riescirebbe superflua qualsiasi ulteriore specificazione.

**4.** Se i due punti all'infinito dell'iperbole $\alpha\beta\gamma\delta$, $\infty(GH)$ ed $\infty(GA)$ si riguardano come centri di due fasci paralleli, i cui raggi si intersichino ordinatamente sull'iperbole $\alpha\beta\gamma\delta$, questi costituiscono due fasci proiettivi, e proiettive sono pure le due punteggiate determinate sulla $GA$ ed $A'B'$ dai punti analoghi ad $S$ ed $L$. Se si tirano le congiungenti i punti corrispondenti analoghe alla $LS$ (Fig. 2) queste, per un noto teorema di geometria, inviluppano una conica, che, nel caso che si considera, ha necessariamente due punti all'infinito, e quindi è una iperbole. Essa è tangente all'infinito alla retta $GA$, la quale per questo è uno degli assintoti, ed è tangente in $M$ alla retta $GH$ di ordinata costante $y' = +\frac{10}{15}f$, infatti il punto mobile sulla $A'B'$ passando per l'infinito riappare alla sinistra di $A'$. Una terza tangente è determinata dai punti corrispondenti $E$ e $B'$ individuati dai raggi $\delta E$ e $\delta B'$. Avute tre tangenti $GH$, $GA$ ed $EB'$, e due punti di tangenti $V$ ed $M$ la curva è determinata e può essere tracciata. A quest'ultimo intento conviene precisare la posizione del centro e degli assintoti; di questi uno è la retta $GA$ e l'altro passa necessariamente per $H$ essendo il punto $M$ di tangenza punto di mezzo della $GH$: Un altro punto dell'assintoto può essere trovato determinando il punto di contatto della tangente $EB'$. Fra i cavallarî derivati dal teorema di Brianchon si trova il seguente: se un triangolo è circoscritto ad una conica, le rette congiungenti i vertici coi punti di tangenza si incontrano in un punto. In base a questo teorema (triang. $FGE$) condotto $FR$ parallela a $GA$ ad intersecare in $R$ la $EM$, la retta $GR$ taglia la retta $EB'$ nel punto $V$, che è il punto di tangenza cercato.

Se si considerano i triangoli simili $GEF$ ed $FMX$, $EFR$ ed $EMX$ e finalmente $EVG$ e $VFR$ si ricavano le seguenti relazioni

$$FG : GE :: GM - FG : MX$$

da cui

$$FG = \frac{GE \times GM}{MX + GE} = \frac{\frac{4}{15}f}{\frac{2}{15}f + \frac{4}{15}f}c = \frac{2}{3}c$$

ed analogamente

$$FR : \frac{2}{3}c :: MX : c$$

da cui

$$FR = \frac{2}{3} MX = \frac{4}{45} f$$

$$VW : GE :: \frac{2}{3} c - VW : FR$$

da cui

$$VW = \frac{2}{3} \frac{GE}{FR + GE} c = \frac{\frac{8}{45} f}{\frac{4}{45} f + \frac{4}{15} f} c = \frac{8}{16} c = \frac{1}{2} c$$

Da queste relazioni risulta che $EV = VX$ e conseguentemente $X$ è un secondo punto dell'assintoto, che rimane così determinato. Tirata la $XH$ ad incontrare in $T$ la $GA$, $T$ è il centro dell'iperbola, e la curva può essere facilmente costruita. I punti $T$, $X$, $H$ possono essere determinati indipendentemente dalle costruzioni precedenti osservando che

$$AT = AG + GT = \frac{10}{15} f + \frac{4}{15} f = \frac{14}{15} f$$

$$DX = DM + MX = \frac{10}{15} f + \frac{2}{15} f = \frac{12}{15} f$$

$$DH = DM = \frac{10}{15} f.$$

La curva $\varepsilon \xi VM\theta$ è l'iperbole trovata da Mesnager per altra via, e coi dati superiori può sempre essere facilmente tracciata. Il calcolatore potrà servirsi indifferentemente della iperbole inviluppo delle reazioni o dell'iperbole delle tracce, od anche di entrambe ad intento di verifica.

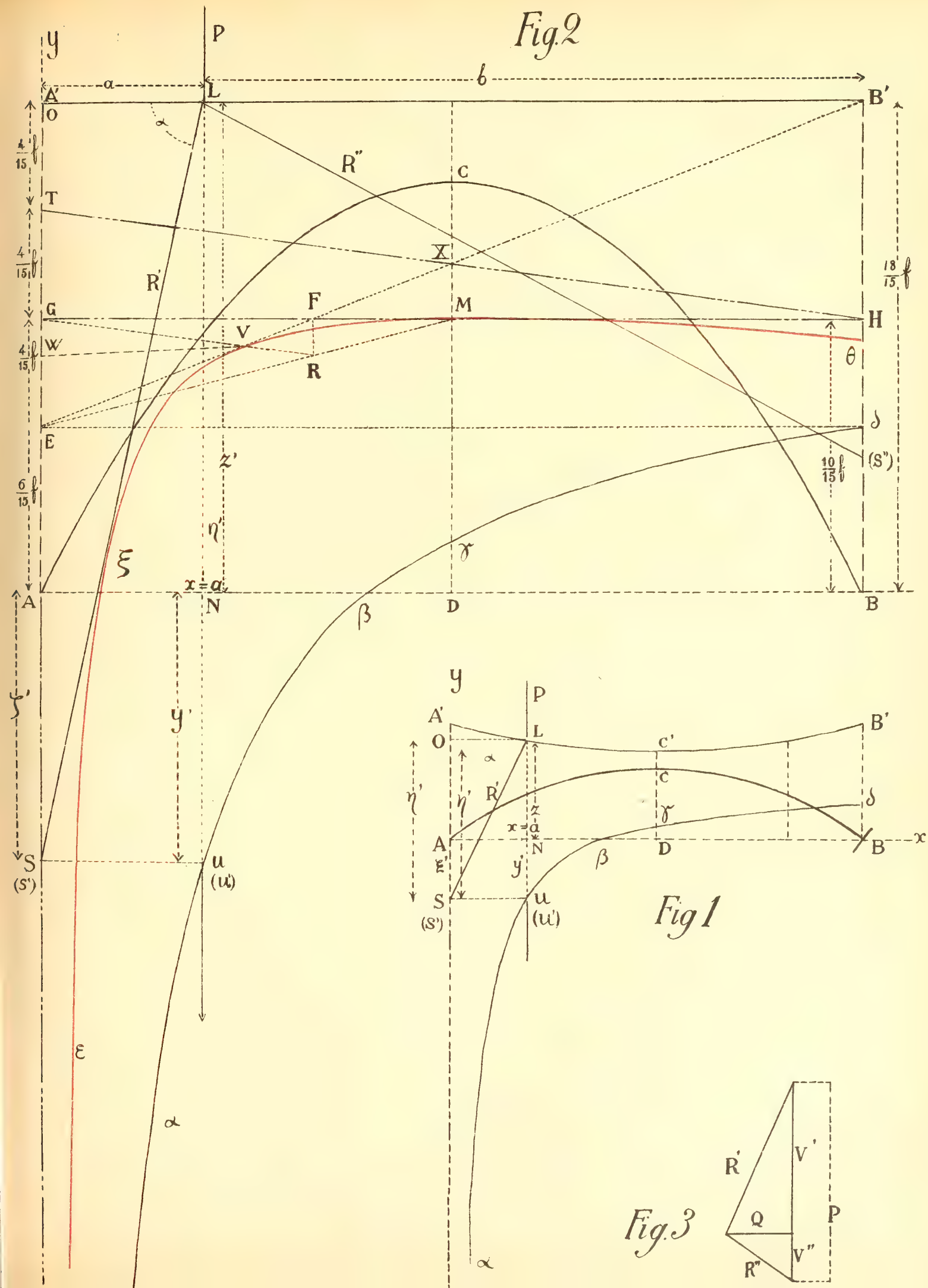



Fig. 2




Fig. 1




Fig. 3

# Sulla ionizzazione prodotta dai raggi X nel campo magnetico

MEMORIA

DEL

**Prof. Sen. AUGUSTO RIGHI**

letta nella Sessione del 4 Marzo 1917.

## 1. — Scopo del presente lavoro.

In seguito a numerose ricerche relative alle svariate modificazioni prodotte dal campo magnetico sulle scariche elettriche ho creduto di potere concludere, che esse non sono soltanto conseguenza del cambiamento di forma delle traiettorie percorse dai ioni e dagli elettroni. Ed in particolare, avendo studiato a lungo e con ogni cura come un campo magnetico influisca, non solo sulla scarica in atto entro un gas rarefatto, ma anche sul valore della differenza di potenziale da applicarsi agli elettrodi perchè la scarica cominci, ossia sul « potenziale di scarica », ho potuto convincermi, contrariamente all'opinione della maggior parte dei fisici che si sono occupati di tale questione, che col tener conto unicamente del variato cammino delle particelle elettrizzate (ioni ed elettroni) non è possibile spiegare tutti i fenomeni constatati. Ho stabilito infatti, che vi sono dei casi nei quali la variazione di p. d. s. (potenziale di scarica) prodotta dal campo è di segno opposto a quello, che le deviazioni magnetiche delle particelle fanno presagire.

Logicamente se ne deduce l'esistenza di una azione finora ignorata del campo magnetico sulla ionizzazione, tendente a renderla più considerevole, che designai col vocabolo « magnetoionizzazione », e che nelle successive riprese delle mie ricerche ho cercato di definire in modo di più in più completo. Dapprima, in omaggio alla debita prudenza scientifica, mi sono limitato a rilevare, che il modo più naturale e spontaneo di spiegare la nuova azione del campo si ha dalla considerazione, che la separazione da un atomo di uno dei suoi elettroni sattelliti deve esigere minor dispendio di energia, allorquando il campo magnetico ha rispetto all'atomo tal direzione, che la forza elettromagnetica agente sull'elettrone sia diretta verso l'esterno della sua traiettoria. Ma non si comprendeva ancora perchè dovesse esservi preponderanza dei casi di questo genere su quelli opposti, quelli cioè nei quali detta forza è centripeta. Ma alla fine mi sono

formato la convinzione, che il prevalere delle orientazioni degli atomi cui corrisponde la facilitata ionizzazione, si debba semplicemente all'azione orientatrice del campo magnetico. In altri termini ritengo, che *il campo magnetico, agendo sulle traiettorie degli elettroni atomici come su correnti chiuse, tende a fare assumere agli atomi una certa orientazione, la quale, tenendo conto del senso in cui le forze agiscono, si riconosce essere precisamente quella, che rende minore l'energia da spendere per ionizzarli.*

L'agitazione molecolare del gas introduce naturalmente una complicazione, che rende necessari alcuni schiarimenti.

A tal fine giova considerare dapprima un atomo ideale, che potrebbe essere quello dell'idrogeno, contenente un solo elettrone sattellite, costituito (dato che si adotti il modello atomico di Rutherford) da un nucleo positivo intorno al quale giri circolarmente l'elettrone. Sotto l'azione del campo l'atomo tenderà ad orientarsi in modo, che il piano dell'orbita divenga perpendicolare alla direzione del campo, e che l'elettrone giri in senso contrario della corrente, alla quale può immaginarsi dovuto il campo stesso. Se ora si esamina qual direzione abbia la forza elettromagnetica agente sull'elettrone, agevolmente si riconosce, che tal forza è centrifuga, quindi precisamente tale da rendere l'energia, occorrente a strappare l'elettrone, minore di quello che sarebbe in mancanza di campo magnetico. In altre parole, il campo favorisce la ionizzazione.

Questa conclusione resta valida anche per un gas reale, i cui atomi contengano più elettroni sattelliti. L'azione orientatrice del campo sarà l'effetto risultante di quelle relative ad ogni singolo elettrone, e tale azione risultante potrà essere eventualmente nulla per certi atomi o almeno per certe momentanee loro orientazioni. Inoltre essa varierà ad ogni istante in causa dei moti di cui gli atomi, e le molecole da essi formate, sono animati; cosicchè l'orientazione, che il campo tende a produrre, non verrà forse mai completamente raggiunta da nessuna orbita elettronica, o lo sarà solo momentaneamente. Ma ciò non toglie che il campo renda il gas più ionizzabile, donde gli effetti messi in rilievo dalle mie esperienze di scarica.

Queste esperienze mi hanno dunque suggerito l'ipotesi della magnetoionizzazione, e si può dire che indirettamente la confermano; ma mi è sembrato desiderabile cercare una verificazione più semplice e più diretta. Per raggiungere tale intento ho pensato di istituire esperienze analoghe a quelle classiche, con cui si studia la ionizzazione prodotta dai raggi X, facendo però intervenire l'azione di un campo magnetico, ed a scopo di raggiungere la massima chiarezza di esposizione premetto qualche richiamo.

Se si misura l'intensità della corrente esistente fra due lastre metalliche parallele portate ad una certa differenza di potenziale, allorchè il gas che le circonda è traversato da raggi X, e poi si porta questa differenza di potenziale come ascissa e la detta intensità come ordinata, si ottiene una curva avente forma simile a quella che mostra la curva della fig. 3, nella quale si scorgono le tre fasi principali del fenomeno. Nella prima fase (che nella figura è solo accennata), andando dai potenziali piccoli verso i grandi, il gas obbedisce approssimativamente alla legge di Ohm, e la curva è sensibilmente una retta passante per l'origine delle coordinate; nella seconda (corrente di saturazione)

si ha un tratto quasi rettilineo ed orizzontale; nell'ultima fase poi la curva presenta una ripida salita, che rivela l'insorgere della ionizzazione dovuta all'urto dei ioni già esistenti, cui il campo elettrico conferisce la necessaria energia cinetica. Se davvero il campo magnetico rende minore l'energia minima, che un ione deve possedere onde essere atto a ionizzare col suo urto un atomo, la curva ottenuta in tal caso dovrà essere situata al disopra di quella trovata senza campo.

Ma prima ancora d'istituire simile esperienza mi sono reso conto della grave difficoltà cui si va incontro pel fatto delle deviazioni, che il campo imprime alle particelle elettrizzate, cioè ioni ed elettroni. Per chiarire questo punto giova prendere in considerazione i due casi principali, e cioè quello in cui il campo magnetico è diretto parallelamente al campo elettrico, e quello in cui è a questo perpendicolare.

Nel primo caso, che si realizza quando si fa agire un campo magnetico perpendicolare ai due elettrodi, le deviazioni delle particelle devono produrre un aumento della corrente, che si prevede di poca entità se il gas non è molto rarefatto. Infatti, mentre in assenza di campo magnetico ogni particella percorre una certa traiettoria comunque inclinata, al suo inizio, rispetto alla forza elettrica, il campo la modifica nel senso di accostarla alla direzione della forza magnetica. Se dunque si constata, che il campo magnetico aumenta l'intensità della corrente, si potrà ciò attribuire alle deviazioni delle particelle, e l'esistenza della magnetoionizzazione resta dubbiosa (veggasi il paragrafo 1 della Nota in fondo).

È però da notarsi, che l'effetto delle deviazioni deve essere tanto meno pronunciato, quanto maggiore è la pressione del gas (veggasi il § 2 della Nota); di modo che il marcato aumento di corrente, che l'esperienza dimostra, deve logicamente attribuirsi alla magnetoionizzazione. Ma in ogni modo questa non viene messa in piena evidenza.

Esaminiamo ora l'altro caso principale, in cui il campo magnetico è parallelo ai due elettrodi, e cominciamo col supporre il gas molto rarefatto. Analogamente a quanto accade nelle classiche esperienze di J. J. Thomson relative alle misure di $e : m$ pei ioni generati dall'azione dei raggi ultravioletti sui metalli, le particelle non si avvicinano indefinitamente all'elettrodo che le attira, ed anzi le raggiungono in numero tanto più piccolo quanto più intenso è il campo (veggasi § 3 della Nota in fondo). La diminuzione d'intensità di corrente, che effettivamente si constata, potrà mascherare la ricercata magnetoionizzazione. E tale conclusione rimane invariata, anche se si suppone il gas a non piccola pressione (v. il § 4 della Nota).

In seguito a tali considerazioni ebbi per un momento la tentazione di rinunciare ad una ricerca, che appariva così poco promettente; ma mi sovvenni a tempo, di un notevole risultato ottenuto nel corso delle mie ricerche sul potenziale di scarica in campo magnetico, e cioè quello di una diminuzione del p. d. s. che si constata con piccoli valori di questo, se è diretto perpendicolarmente al campo elettrico, quantunque le deviazioni imposte ai ioni tendano a produrre il risultato opposto. Ciò mi fece prevedere, che probabilmente facendo agire un debole campo magnetico di direzione perpendicolare a quella del campo elettrico, la magnetoionizzazione avrebbe potuto superare l'opposto effetto delle deviazioni magnetiche.

Intraprese simili esperienze, che furono sul principio alquanto laboriose, esse alla fine mi diedero il risultato preveduto; ed oggi, avendole estese e perfezionate, posso presentarle come dimostrazione sicura della esistenza della magnetoionizzazione.

## 2. — **Disposizioni sperimentali adottate.**

L'aria, che i raggi X ionizzano, è contenuta in un tubo di vetro *AB* (fig. 1) comunicante per mezzo di un giunto a smeriglio *C* colle pompe a vuoto. Esso contiene due lastre di rame parallele *DE*, *FG*, funzionanti da elettrodi, ed ha la parete di fondo *A* di piccolissimo spessore, affinchè assorba il meno possibile i raggi X, che escono da una piccola finestra *O* praticata in una grossa lastra di piombo vicinissima all'apparecchio. Uno dei due elettrodi, per esempio *FG*, è portato ad un certo potenziale mediante una batteria di piccoli accumulatori; l'altro *DE* è in comunicazione con un elettrometro a quadranti e col suolo. Togliendo quest'ultima comunicazione per un tempo determinato, generalmente 10 secondi, dopo aver messo in azione il tubo generatore dei raggi X, si ottiene una deviazione elettrometrica proporzionale alla intensità della corrente esistente fra gli elettrodi, e che anzi dà modo di calcolarla, come si dirà in appresso.

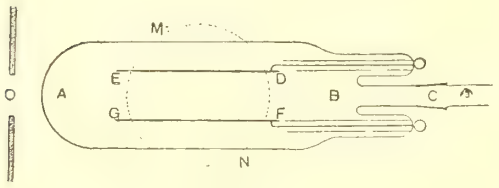


Fig. 1

Accenno, solo di volo per amore di brevità, che furono da me prese tutte le precauzioni necessarie ad assicurare l'esattezza delle misure, e cioè il perfetto isolamento degli apparecchi, la difesa contro i raggi X dell'elettrometro e del filo di comunicazione di esso coll'apparecchio (il qual filo era a tal fine collocato entro un tubo metallico pieno di paraffina), la costanza di qualità e di intensità dei detti raggi, la regolarità nel succedersi di misure comparative onde assicurare, per esempio, l'attendibilità del confronto fra una certa misura e la media di due altre fatte una immediatamente prima e l'altra immediatamente dopo di quella.

All'atto pratico riconobbi, che avrei potuto far a meno di attenermi a questo consueto metodo di confronti in grazia della costanza e regolarità di funzionamento del tubo Coolidge adoperato (sempre con moderata eccitazione) per generare i raggi.

L'apparecchio della fig. 1 era collocato fra i poli della elettrocalamita modello Rhumkorff senza pezzi polari e con intervallo di 6 c. fra le faccie prospicienti dei rocchetti, ed anzi il cerchio punteggiato *MN* della figura sta ad indicare il contorno di uno dei nuclei di ferro. Come si vede, la direzione del campo magnetico risulta perpendicolare a quella del campo elettrico esistente fra gli elettrodi. Questa è la più interessante delle possibili disposizioni sperimentali; ma qualche volta volli realizzare l'altra delle due principali orientazioni del campo magnetico, al quale scopo bastava far girare l'apparecchio di 90° intorno al giunto *C*.

Non starò a descrivere minutamente il modo in cui furono collegati i numerosissimi strumenti necessari alla mia ricerca, e solo li enumererò.

Per il circuito della elettrocalamita occorsero un reostata a corsoio, un inversore ed un amperometro, dalle cui indicazioni, in base a determinazioni preliminari e con interpolazioni, si poteva valutare l'intensità del campo magnetico agente sul gas dell'apparecchio. Per la produzione dei raggi X occorsero, oltre che un gran rocchetto con interruttore ruotante a mercurio, reostata, e ampèrometro, anche un milliampèrometro inserito nel secondario, e poi un gruppo di sei accumulatori con interruttore, reostata ed ampèrometro di minuta regolabilità per l'arroventamento del catodo.

Come d'uso, per la maggior parte questi strumenti erano collocati entro una grande cassa foderata di piombo avente un'apertura in corrispondenza della finestra *O*. Quella apertura era coperta da uno sportello di piombo, che si allontanva al momento opportuno tirando una cordicella, subito dopo di avere eccitato il tubo mediante l'interruttore, posto a portata di mano.

Trovo necessario indicare ora con qualche dettaglio la disposizione adoperata per le misure d'intensità di corrente. Tale intensità variò entro limiti assai lontani; e siccome le deviazioni elettrometriche non possono praticamente adoperarsi nè troppo piccole nè troppo estese, così, per non essere costretto a modificare troppo spesso la sensibilità dell'elettrometro, (la quale veniva valutata di tanto in tanto per mezzo di una doppia coppia campione Weston) bisognava ricorrere a qualche altro artificio. Uno, del quale però assai di rado ho fatto uso, consiste nel variare la durata dell'azione dei raggi. Ma in molti casi ciò non basta, ed ho invece trovato convenientissimo l'impiego di condensatori.

Una cassetta di condensatori campioni a mica, le cui capacità possono colle solite spine metalliche sommarsi a piacere, è in permanente comunicazione coll'elettrometro, le cui coppie di quadranti sono mantenute ai potenziali + 40 e — 40 volta. Il sistema conduttore formato dall'ago, dall'elettrodo con esso comunicante, e dal filo di comunicazione aveva nel caso mio la capacttà $c = 215.10^{-6}$ microfaraday; la cassetta di condensatori vi aggiungeva una capacità *C*, il cui valore poteva variare fra un millesimo ed 1 microfarad. Scegliendo quindi opportunamente il valore di *C* era sempre possibile fare in modo, che la deviazione elettrometrica raggiunta in 10 secondi corrispondesse ad una deviazione sulla scala (posta a due metri e mezzo dall'istrumento) di 100 a 200 millimetri. Ordinariamente ciò corrispondeva al potenziale di 2 a 4 volta.

Ecco ora come si calcola l'intensità della corrente. Siano:

*c* ($= 215.10^{-6}$ microfar.) la capacità dell'elettrometro;
*C* la capacità del condensatore;
*d* (in millimetri) la deviazione letta sulla scala;
*s* la sensibilità dell'elettrometro, cioè la deviazione corrispondente ad 1 volta;
*t* (generalmente 10 secondi) il tempo durante il quale i raggi X attraversavano l'aria nell'apparecchio.

L'intensità $i$ della corrente sarà data in microampère da

$$i = \frac{c + C}{st} d.$$

Infatti $\frac{d}{s}$ è, in volta, il potenziale raggiunto dall'elettrometro, e $\frac{d}{s}(c + C)$ è in microcoulomb la quantità di elettricità da esso raccolta nel tempo $t$. Quella corrispondente all'unità di tempo sarà dunque espressa in microampère dalla precedente espressione divisa per $t$.

Aggiungerò in fine, che il più delle volte non aspettavo che l'ago cessasse di oscillare, ma leggevo senz'altro le estremità $d_1, d_2, d_3$ di tre successive oscillazioni, assumendo poi $\frac{1}{4}(d_1 + 2d_2 + d_3)$ come posizione di fermata dell'ago. È noto come questo metodo sbrigativo sia accettabile se le $d_1$, $d_2$, $d_3$ non sono troppo differenti fra loro.

## 3. — Andamento delle misure; cause di errore.

Poichè lo scopo principale della ricerca mia era lo studiare l'influenza esercitata dal campo magnetico sulla ionizzazione, era necessario confrontare fra loro per ogni determinato complesso di condizioni sperimentali (ossia a parità di potenziale, di pressione dell'aria ecc.) i due valori dell'intensità della corrente, misurati l'uno senza, e l'altro coll'azione del campo magnetico. Adottai il partito di fare in immediata successione tre misure, e cioè prima una con campo magnetico avente una certa direzione, poi una seconda senza campo, e quindi la terza con campo di direzione opposta a quella di prima; dopo di che tenevo nota della media fra il primo ed il terzo risultato, che scrivevo a fianco del secondo, e del potenziale adoperato. Ripetendo poi simile gruppo di misure con valori successivamente crescenti del potenziale, si veniva a formare una tabella numerica a tre colonne, la prima delle quali (potenziali) forniva le ascisse per disegnare le curve rappresentatrici del fenomeno, la seconda (intensità di corrente senza campo) forniva le ordinate per la curva ordinaria, e la terza (intensità di corrente col campo) forniva le ordinate per la curva nuova. Le due curve fanno vedere a colpo d'occhio quale influenza abbia il campo sulla ionizzazione.

Alcune irregolarità dei risultati numerici, che dapprincipio si manifestarono, vennero poco a poco riconosciute od eliminate. Una causa di errore, veramente assai banale, ma che appunto per ciò può sfuggire all'attenzione dello sperimentatore, è l'azione elettrica di una carica negativa della cassa contenente gli apparecchi produttori dei raggi X, la quale può riescire percettibile anche quando un filo metallico colleghi la cassa stessa al suolo (tubi dell'acquedotto). Certe parti di quel conduttore possono assumere un potenziale differente da zero, come accade di qualunque conduttore mentre è attraversato da una corrente elettrica. L'effetto si fa sparire mettendo parecchi fili di derivazione al suolo.

Altro notevole disturbo è quello dell'azione elettrostatica esercitata dagli avvolgimenti della elettrocalamita sull'elettrodo comunicante coll'elettrometro; ma si elimina coll'interporre lastre metalliche in ottima comunicazione col suolo fra l'apparecchio della fig. 1 e le faccie polari dei rocchetti.

Non giudico opportuno dilungarmi ad indicare alcune altre cause di errori o di incertezze, che furono facilmente eliminate; ma debbo con qualche dettaglio segnalare una certa dissimetria nei risultati numerici, che mi preoccupò lungamente.

Supponiamo che le lastre parallele o elettrodi $DE$, $FG$, siano, come nella fig. 1, parallele alla direzione del campo magnetico, ed anzi che quella inferiore $FG$ sia mantenuta ad un potenziale positivo, mentre la superiore $DE$ comunica coll'elettrometro. Siano $a$, $b$, $c$, le tre intensità di corrente ottenute, la seconda senza campo, e la prima e la terza col campo nelle due direzioni. Come si dirà più oltre, se il campo ha una appropriata intensità, si trova sempre $\frac{1}{2}(a + c) > b$, e cioè che il campo fa aumentare l'intensità della corrente, benchè le deviazioni magnetiche dei ioni tendano a produrre il risultato opposto. Ma intanto le due intensità $a$ e $c$ non risultano eguali; per esempio si ha sistematicamente $a < c$, ed inoltre qualche volta può accadere, che si abbia $a < b < c$. È chiaro per ragioni geometriche, che la direzione del campo non può in realtà avere diretta influenza, ed occorreva per essere tranquilli sulla leggittimità del metodo impiegato, che nulla restasse di misterioso.

Dopo lunghi tentativi giunsi a persuadermi, che la causa di quella dissimetria è la seguente. La ionizzazione dell'aria non è uniforme fra gli elettrodi, ma è invece più intensa nella regione $EG$ che nella regione $DF$, specialmente pel fatto, che presso $EG$ essa è prodotta anche da raggi secondarii provenienti dagli oggetti posti fra apparecchio e sorgente dei raggi. Ora, quando il campo entra in azione i ioni sono deviati e spostati per esempio nel senso da $E$ verso $D$, e alcuni di quelli che prima raggiungevano la lastra superiore presso $D$ più non vengono raccolti da questa. Invertendo il campo i ioni risultano spostati in senso opposto, cioè da $D$ verso $E$, e sono ora quelli che senza campo arrivavano presso l'orlo $E$, che non sono raccolti da $DE$. E poichè nella regione attigua ad $E$ la ionizzazione è più intensa, così resta spiegata la minor deviazione osservata nella seconda esperienza.

Che tutto ciò sia vero lo confermano varie prove. Per esempio, se all'elettrodo $FG$ si dà carica negativa anzichè positiva, la dissimetria s'inverte, e cioè quella delle due direzioni del campo che prima dava la corrente più forte, dà ora la più debole.

D'accordo con questa spiegazione si constata, che la dissimetria si attenua avvicinando il più possibile la lastra di piombo all'apparecchio, e rendendo più piccola l'apertura $O$. Sparisce poi quasi internamente la dissimetria lamentata provvedendo di una specie di anello di guardia l'elettrodo comunicante coll'elettrometro.

La nuova forma data all'apparecchio è rappresentata dalla fig. 2. La lastra superiore è ora costituita da due porzioni separate da uno strettissimo intervallo. La parte *IH* comunica coll'elettrometro ed il resto col suolo, facendo così la funzione del noto anello di guardia di lord Kelvin. È chiaro che quei ioni, i quali per effetto del campo più non raggiungono ora l'elettrodo isolato, saranno surrogati da altri che prima non vi pervenivano.

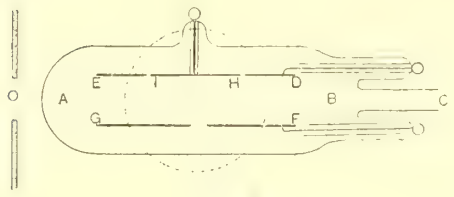


Fig. 2

Anche certi effetti disturbatori dovuti a cariche accumulantisi sulle pareti interne dell'apparecchio si rendono innocui, per esempio sospendendo per un poco le misure, oppure facendo agire per qualche tempo i raggi con elettrodi scarichi (1).

## 4. — **Risultati.**

Non riporterò tutti i risultati delle numerosissime esperienze da me sistematicamente effettuate, con vari gradi di rarefazione dell'aria ionizzata dai raggi X, con varii valori del campo magnetico ecc. Vi sono casi in cui l'effetto cercato è tanto lieve da rimanere dubbioso (per esempio quando la distanza fra gli elettrodi è relati-

---

(1) Onde il lettore possa, se lo desidera, avere le necessarie informazioni per giudicare qual grado di fiducia meritino le mie esperienze, trovo opportuno spiegare minutamente in qual modo abbia sempre proceduto nell'eseguire le misure.

Dato un certo valore alla pressione dell'aria ed al potenziale, al quale è caricato l'elettrodo *FG*, eseguisco le seguenti operazioni: 1) isolo l'elettrometro; 2) chiudo il circuito produttore del campo magnetico; 3) mando la corrente nel primario del rocchetto; 4) apro lo sportello di piombo per far escire i raggi X, e lo tengo aperto per 10 secondi, che misuro mediante un contasecondi ad arresto; 5) interrompo i due circuiti testè chiusi; 6) leggo gli estremi di tre successive oscillazioni dell'ago dell'elettrometro, per ricavarne poi la deviaziazione, e poscia il corrispondente valore dell intensità di corrente (mercè la formola già indicata).

Ciò fatto, ripeto tutte queste operazioni nello stesso ordine, senza campo magnetico, e quindi le ripeto ancora col campo, però con direzione opposta a quella di prima.

In fine trascrivo in una delle tre colonne di una tabella, il valore del potenziale adoperato, in un'altra colonna il valore della corrente misurata senza campo, e nella terza colonnà la media delle due determinazioni della corrente eseguita sotto l'azione del magnetismo.

In questa maniera si è ottenuto quanto occorre per segnare in un diagramma un punto della curva avente per ascisse i petenziali e per ordinate le intensità di corrente, e l'analogo punto per la curva valevole quando il campo magnetico impera. In modo anatogo si otterranno tante altre righe orizzontali della tabella, che serviranno a tracciare tanti altri punti delle due curve.

Il più delle volte le operazioni da I) a 6) furono più numerose di quanto si é detto, perchè per ogni valore del campo magnetico la misura fu ripetuta, e si trascrissero le medie.

S'intende bene che tutto é da rifare, se si vuole studiare il fenomeno con un nuovo valore del campo magnetico o della pressione dell'aria.

Si vedrà poi che fui indotto a fare altre diverse serie di misure, tenendo fisso il valore del potenziale, ma variando invece l'intensità del campo.

vamente troppo grande); altri in cui è invece evidentissimo. Riferirò solo qualcuno di questi, dopo di che additerò le varianti che si verificano al mutare delle condizioni sperimentali.

La tabella numerica seguente è una di quelle ottenute, quando ero già alquanto addestrato alle misure, ed è relativa ad uno dei casi che mostrano in modo assai evidente il risultato. Nella prima colonna sono notati i potenziali, nella seconda le intensità di corrente misurate senza che agisse nessun campo magnetico, nella terza le intensità misurate sotto l' azione di un campo di 430 gauss, nella quarta infine le intensità con campo di 1240 gauss. I potenziali sono espressi in volta; le intensità in microampère.

La pressione dell' aria era durante tali misure 11,5 millimetri.

Quanto alla radiazione adoperata, posso dare le seguenti indicazioni. L' ampèrometro inserito nel primario del rocchetto indicava 12,5 ampère, la corrente producente l' arroventamento del catodo era di 4,1 ampère. Il milliampèrometro segnava circa 1, 5, ed infine la scintilla « equivalente » nello spinterometro, posto in derivazione sul tubo di Coolidge, misurava circa 18 c. di lunghezza.

| Potenziale in volta | Intensità in microampère | | |
|---|---|---|---|
| | Campo nullo | Campo 430 gauss | Campo 1240 |
| 80 | $3,32 .10^{-4}$ | $3,31 .10^{-4}$ | $2,94 .10^{-4}$ |
| 160 | 3, 31 » | 3, 31 » | 2, 96 » |
| 240 | 3, 35 » | 3, 31 » | 2, 80 » |
| 400 | 3, 35 » | 3, 43 » | 2, 97 » |
| 560 | 3, 59 » | 3, 68 » | 3, 15 » |
| 800 | 5, 54 » | 6, 02 » | 4, 75 » |
| 840 | 7, 95 » | 8, 80 » | 7, 15 » |
| 880 | 29, 20 » | 31, 86 » | 27, 48 » |

Ecco ora quanto si ricava dall' esame di questi risultati numerici, e meglio ancora dal corrispondente diagramma della fig. 3.

In questo diagramma i punti, che hanno per ascisse i numeri della prima colonna e per ordinate quelli della seconda, si sono indicati con piccoli cerchietti. La linea che passa attraverso di essi ha la forma ben conosciuta, ed in particolare fa vedere, come rapidamente cresca l' intensità della corrente, in corrispondenza ai più alti potenziali in causa dell' intensificarsi della ionizzazione per urto. Sono rappresentati nel diagramma con cerchietti pieni i punti aventi per ordinate i numeri della terza colonna, e con stellette quelli le cui ordinate costituiscono la quarta colonna; ma, nel timore di nuocere alla chiarezza del diagramma, non ho tracciate le due corrispondenti curve.

La curva, che passerebbe per i punti rappresentati da stellette, risulta interamente al disotto della curva disegnata. Dunque un campo di 1240 unità abbassa la curva, ossia riduce tutte le sue ordinate ; e questa riduzione sarebbe anche più grande

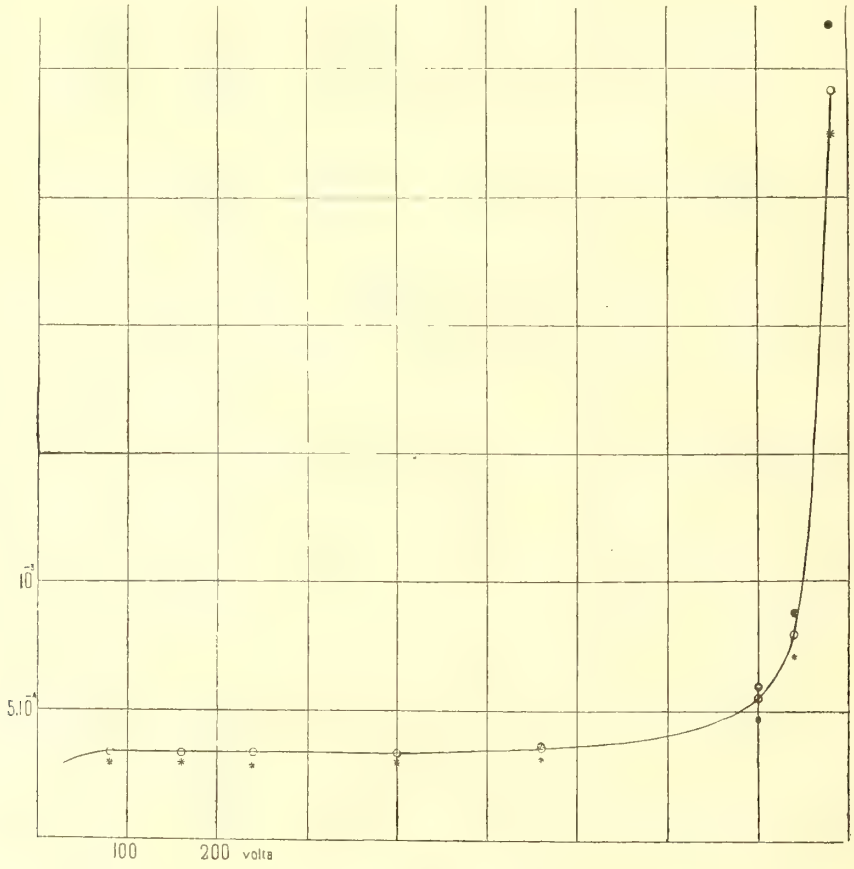



Fig. 3

impiegando un campo di intensità anche maggiore. Questa diminuzione d' intensità della corrente si spiegherà benissimo da chi non ammetta la magnetoionizzazione, considerandola come effetto delle deviazioni magnetiche delle particelle elettrizzate. Ma il caso delle misure fatte col campo di 430 gauss non potrebbe affatto spiegarsi in tal modo.

Infatti, la curva passante per i punti rappresentati con dischetti neri risulta situata tutta al disopra di quella tracciata, e cioè, sotto l' azione di quel campo magnetico d' intensità relativamente piccola l' intensità di corrente diviene più grande. E questo è precisamente il risultato che avevo preveduto, e che non può spiegarsi senza ammettere la magnetoionizzazione, la quale (come nel citato caso delle mie esperienze sul p. d. s.) con deboli valori del campo produce un effetto predominante rispetto all' opposto effetto dovuto alle deviazioni magnetiche. È poi degno di nota il fatto, che l' aumento di corrente prodotto dalla magnetoionizzazione, mentre è lievissimo quando si fa uso di deboli potenziali, al punto che ho dovuto rinunciare a segnare sul diagramma i cerchietti neri dati dalle prime quattro misure, diviene invece assai consi-

derevole allorquando la ionizzazione per urto diviene di più in più abbondante, come appunto si poteva prevedere.

La serie di determinazioni riportate nella tabella è stata scelta fra quelle, che offrono l' effetto nel modo più spiccato ; ma il risultato fu sempre sostanzialmente il medesimo. Per esempio, anche le determinazioni fatte con aria assai più rarefatta conducono alla stessa conclusione, benchè le variazioni d' intensità di corrente prodotte dal debole campo siano meno pronunciate. È cosa naturale questa, perchè l' effetto delle deviazioni magnetiche, che tende a nascondere quello della magnetoionizzazione, deve manifestarsi più liberamente, quando il medio cammino libero dei ioni è maggiore.

Se all' elettrodo *FG* della fig. I si dà carica negativa anzichè positiva, l' effetto della magnetoionizzazione diviene di piú difficile dimostrazione ; ciò che del resto agevolmente si comprende, riflettendo alla maggior massa posseduta dai ioni in confronto di quella degli elettroni. Si vegga in proposito quanto è detto nelle ultime linee della Nota in fondo.

Poche parole basteranno in rapporto al caso in cui il campo magnetico è parallelo a quello magnetico, il qual caso è, come si è detto, il meno importante. Esso si potè facilmente realizzare girando l' apparecchio della fig. I di 90° intorno al giunto *C*. L' effetto del campo consiste in un aumento di intensità della corrente ; ma non si ha mezzo di decidere qual parte di tale effetto debba attribuirsi alla magnetoionizzazione.

Volendo eseguire una serie di misure come quelle della tabella precedentemente trascritta, è utile scegliere quel valore del campo magnetico pel quale risulta meglio evidente l' aumento della corrente, e che muta assai quando si cambia la grandezza degli elettrodi, la loro distanza, la pressione dell' aria ecc. Conviene dunque cominciare coll' eseguire una serie di misure, come quella che qui riferisco a titolo di esempio.

L' elettrodo *FG* della fig. I fu mantenuto stabilmente al potenziale di 240 volta, e si misurò la deviazione elettrometrica sotto l' azione di campi magnetici di intensità successivamente crescenti, intercalando misure senza campo magnetico. Siano $d_0$ ed $i_0$ la deviazione e la corrispondente intensità di corrente in assenza di campo, e siano $d$ ed $i$ deviazione ed intensità quando v' è il campo in azione. Per valutare l' effetto del campo ho calcolato il rapporto $\frac{d - d_0}{d_0} = \frac{i - i_0}{i_0}$, ed ecco i risultati.

| Campo magnetico in gauss | $(i - i_0)/i_0$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 215 | 1, 042 |
| 302 | 1, 048 |
| 430 | 1, 051 |
| 650 | 1, 030 |
| 837 | 0, 983 |
| 1241 | 0, 907 |

Si vede così che colle attuali condizioni sperimentali è con una intensità di campo prossima a 430 gauss che la magnetoionizzazione ha il maggior sopravvento sull' effetto delle deviazioni magnetiche.

Farò osservare per ultimo, che chi desiderasse istituire una semplice esperienza dimostrativa della magnetoionizzazione, potrebbe limitarsi a fare tre letture. Ecco un esempio tratto dal giornale di esperienze. Pressione dell' aria 6,5 mm., Potenziale 400 volta, Campo 430 gauss. Trovai: intensità della corrente con campo in una certa direzione $5{,}97 \cdot 10^{-4}$; senza campo: $5{,}51 \cdot 10^{-4}$; campo in opposta direzione: $6{,}17 \cdot 10^{-4}$.

Il confronto fra l' intensità media col campo: $6{,}07 \cdot 10^{-4}$ e quella senza campo: $5{,}51 \cdot 10^{-4}$ fa vedere che questo produce aumento di corrente (dovuto alla magnetoionizzazione), benchè le deviazioni subite dai ioni e dagli elettroni tendano al risultato opposto.

## NOTA

Volendo prevedere se ed in qual senso i cambiamenti subìti dalle traiettorie dei ioni e degli elettroni per opera di un campo magnetico influiscano sulla intensità della corrente fra due elettodi in un gas ionizzato, tornano utili le formole da me date in una precedente pubblicazione (*Sul moto dei ioni ed elettroni in un campo elettrico e magnetico* ecc. — Mem. della R. Accad. di Bologna, 18 aprile 1915; N. Cimento, genn.° 1916; Annales de Physique, t. IV pag. 229, 1915), le quali hanno l' unico pregio della massima generalità, cosichè da esse si deduce la trattazione dei vari casi particolari sparsi nelle pubblicazioni di diversi autori.

Le formole, controsegnate in quella Memoria con (1), (2), e (3), riguardano appunto il moto di una particella elettrizzata (ione od elettrone) interamente libera; e quanto da esse si ricava sarà applicabile al caso di un gas molto rarefatto. Ma nello stesso mio lavoro ho stabilito anche nuove formole segnate da (4) a (9), dalle quali si traggono risultati riguardanti l' effetto prodotto quando il gas è pochissimo o non è rarefatto. Si acquistano così utili cognizioni per due casi limiti, fra i quali è compreso il caso reale.

Nel fare uso di quelle formole supporrò gli assi collocati nel modo seguente. L' asse delle $x$ sia nella direzione dell' asse dell' apparecchio fig. I; quello delle $y$ sia nella direzione del campo magnetico (quindi perpendicolare al piano di figura); quello delle $z$ sarà quindi diretto perpendicolarmente alle due lastre metalliche $DE$, $FG$. Il campo elettrico ed il campo magnetico sono perciò fra loro ortogonali; diverranno paralleli se si farà girare l' apparecchio intorno al giunto $C$. Cominciamo da questo secondo caso.

1) *Effetto prodotto dal campo magnetico nel caso di campi paralleli in gas molto rarefatto.* Se il campo magnetico uniforme è parallelo al campo elettrico supposto uniforme esso pure, valgono le equazioni:

$$x = x_0 + \frac{w_0}{p}(1 - \cos pt) + \frac{u_0}{p}\operatorname{sen} pt, \quad y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}\frac{e}{m}Et^2,$$

$$z = z_0 - \frac{u_0}{p}(1 - \cos pt) + \frac{w_0}{p}\operatorname{sen} pt,$$

in cui $x_0$, $y_0$, $z_0$, sono le coordinate della particella di carica $e$ e massa $m$ nell' istante $t = 0$, $u_0$ $v_0$ $w_0$ le componenti della sua vetocità iniziale, $x$, $y$, $z$, le coordinate all' istante $t$. Si indicano con $E$ ed $H$ le intensità del campo elettrico e del campo magnetico, e si è posto $p = He/m$.

Queste equazioni si possono ottenere direttamente integrando le equazioni differenziali relative al caso attuale:

$$m\frac{\partial^2 x}{dt^2} = He\frac{\partial z}{\partial t}, \qquad m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = Ee, \qquad m\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -He\frac{\partial x}{\partial t}.$$

Ma possono ricavarsi dalle (3) della citata Memoria, ponendovi $X = Z = 0$, $Y = E$, $\alpha = \gamma = 0$, $\beta = H$, essendo $X$ $Y$ $Z$ le componenti di $E$, ed $\alpha$ $\beta$ $\gamma$ quelle di $H$.

Poichè $y$ non contiene $H$, si vede intanto che il campo magnetico non influisce sul moto secondo $y$. Siccome poi ponendo $\tan\sigma = w_0/u_0$ le espressioni di $x$ e $z$ possono assumere la forma:

$$x = x_0 + \frac{w_0}{p} + \frac{\sqrt{u_0^2 + w_0^2}}{p}\operatorname{sen}(pt - \sigma), \quad z = z_0 - \frac{u_0}{p} + \frac{\sqrt{u_0^2 + w_0^2}}{p}\cos(pt - \sigma),$$

si scorge subito, che la proiezione della traiettoria sul piano $xz$ è una circonferenza di raggio $\sqrt{u_0^2 - w_0^2}/p$, il cui centro ha per coordinate $x_0 + w_0/p$, $z_0 - u_0/p$, e che la velocità colla quale tale circonferenza è percorsa è $\sqrt{u_0^2 + w_0^2}$, cioè resta quale era inizialmente.

L' effetto del magnetismo si riduce dunque a questo. La velocità della particella non muta grandezza; ma mentre senza campo magnetico la sua componente $\sqrt{u_0^2 + w_0^2}$ nel piano $xz$ restava immutata, e quindi la proiezione della particella sul piano $xz$ si allontanava indefinitamente dalla posizione iniziale, per effetto del magnetismo non se ne allontana che sino ad una certa distanza. Accadrà dunque che certi ioni partiti dalla lastra $FG$, i quali per l' obbliquità della loro velocità iniziale non potevano colpire l' elettrodo $DE$, lo raggiungano quando agisce il campo magnetico. Questo renderà dunque più intensa la corrente.

Si può qui incidentalmente osservare, che da quanto procede mi sembra ricavarsi la spiegazione di un noto fenomeno, quello del raccogliersi in un più ristretto fascio dei raggi catodici, allorchè si fa su essi agire un campo magnetico parallelo alla loro direzione media.

2). *Campi paralleli in un gas a non piccola pressione.* Occorre adesso investigare se e come la precedente conclusione rimanga modificata qualora la particella in moto sia esposta a frequenti collisioni durante il suo tragitto.

Per raggiungere questo scopo si utilizzano la formula (5) della citata Memoria, ed il metodo generale cui si riferisce la formola medesima, il quale insegna a calcolare i valori medii delle componenti, secondo i tre assi, della velocità delle particelle in moto, in funzione di $E$, $H$, $e$, $m$, e del tempo $T$, che in media trascorre fra due successive collisioni.

Chiamando $u$, $v$, $w$ le componenti della velocità per una determinata particella, si ricava dalle precedenti equazioni :

$$u = w_0 \operatorname{sen} pt + u_0 \cos pt\,, \qquad v = v_0 + \frac{Ee}{m}t\,, \qquad w = -u_0 \operatorname{sen} pt + w_0 \cos pt\,.$$

Applicando ad esse il metodo suddetto, e indicando con $(u)$, $(v)$, $(w)$, i valori medii delle velocità di tutte le particelle si trova :

$$(u) = 0\,, \qquad (v) = \frac{1}{2}\frac{Ee}{m}T\,, \qquad (w) = 0\,.$$

Se ne deduce, che il campo magnetico diretto parallelamente alla forza elettrica non influisce sulla corrente trasmessa dal gas ionizzato, e cioè l' aumento di intensità trovato nel caso del gas molto rarefatto tende a scomparire coll' addensarsi del gas, in conseguenza delle collisioni di più in più frequenti che le particelle devono subire.

3). *Campi ortogonali in gas assai rarefatto.* Questo è il caso dell' apparecchio fig. I, poichè il campo elettrico viene supposto diretto secondo l' asse delle $z$, mentre il campo magnetico è sempre diretto secondo l' asse delle $y$.

Le espressioni per $x$, $y$, $z$, possono ricavarsi dalle (3) della citata Memoria ; ma si possono altresì stabilire integrando le equazioni differenziali valide in questo caso, che sono :

$$m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = He\frac{\partial z}{\partial t}\,, \qquad m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0\,, \qquad m\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = Ee - He\frac{\partial x}{\partial t}\,.$$

Il risultato, come è facile verificare, è il seguente :

$$x = x_0 + \frac{E}{H}t + \frac{w_0}{p}(1 - \cos pt) - \frac{1}{p}\left(\frac{E}{H} - u_0\right)\operatorname{sen} pt\,, \qquad y = y_0 + v_0 t\,,$$

$$z = z_0 + \frac{1}{p}\left(\frac{E}{H} - u_0\right)(1 - \cos pt) + \frac{w_0}{p}\operatorname{sen} pt\,.$$

Lo spostamento $z - z_0$ ammette un massimo quando $t$ è tale, che si abbia :

$$\left(\frac{E}{H} - u_0\right)\operatorname{sen} pt = -w_0 \cos pt\,,$$

e tale massimo è uguale a

$$\frac{1}{p}\left[\frac{E}{H}-u_0+\sqrt{\left(\frac{E}{H}-u_0\right)^2+v_0^2}\right].$$

Dunque la particella elettrizzata non sempre arriva sino all' elettrodo, anzi da esso nuovamente si allontana tanto più presto quanto più intenso è il campo magnetico. Al crescere di questo l' intensità della corrente diverrà dunque di più in più piccola. E così si vede come le deviazioni magnetiche tendano a dissimulare quell' aumento di corrente, che si deve alla magnetoionizzazione.

4). *Campi ortogonali in gas a non piccola pressione.* Nel lavoro citato sul principio di questa Nota ho trattato questo caso, ma non posso trascrivere senz' altro quelle formole, perché qui gli assi sono diversamente collocati. Partirò dunque invece dai valori precedenti di $x$, $y$, $z$, dai quali si deduce per derivazione:

$$u=\frac{E}{H}+v_0\operatorname{sen}pt-\left(\frac{E}{H}-u_0\right)\cos pt\,,\quad v=v_0\,,\quad w=\left(\frac{E}{H}-u_0\right)\operatorname{sen}pt+v_0\cos pt\,.$$

Chiamando ora $(u)$, $(v)$, $(w)$, i valori medii delle componenti di velocità delle particelle, col metodo dimostrato nel citato lavoro si trova:

$$(u)=\frac{E}{H}\,\frac{pT-\operatorname{sen}pT}{pT}\,,\qquad (v)=0\,,\qquad (w)=\frac{E}{H}\,\frac{1-\cos pT}{pT}\,.$$

Noterò incidentalmente, che con queste formole si rende conto del fenomeno di Hall, dato che le particelle di carica $e$ e di massa $m$ siano gli elettroni mobili entro un metallo, ed anzi la corrente trasversale sarebbe proporzionale ad $(u)$.

Se si suppone piccolo il prodotto $pT=HT\,.\,e/m$ (conservando sino alla quarta potenza), le precedenti equazioni diventano:

$$(u)=\frac{HEe^2T^2}{6m^2}\,,\qquad (w)=\frac{EeT}{2m}\left(1-\frac{H^2e^2T^2}{12m^2}\right),$$

e più facilmente si discutono. Come si vede, ha sempre luogo una diminuzione di $(w)$, e quindi della intensità di corrente fra i due elettrodi, mentre nel caso dei due campi paralleli ogni effetto tendeva a sparire al crescere della pressione del gas.

Si vede altresì che la diminuzione di corrente è meno sensibile quando $m$ è più grande, e quindi più marcata se si tratta di elettroni anzichè di ioni.

# APPENDICE

Durante la stampa della precedente Memoria ho avuto l' opportunità di effettuare nuove esperienze, che ritengo utile riferire in questa Appendice.

Nel corso delle mie ricerche, benchè abbia sperimentato a differentissime pressioni, ho il più delle volte preferito quelle non tanto basse, per la ragione che avevo spesso di mira la possibilità di ottenere notevoli intensità di corrente, tali cioè da potere eventualmente eseguire misure impiegando un galvanometro di grande sensibilità anzichè l' elettrometro.

Spingendo la rarefazione sino ai decimi di millimetro avevo per l' intensità della corrente dei valori dell' ordine di grandezza di $10^{-12}$ ampère, mentre con aria a qualche millimetro di pressione le correnti erano dell' ordine di grandezza di $10^{-10}$ amp. Ciò va inteso in linea generale, in quanto che per avere gli effetti più marcati occorre anche modificare la distanza fra gli elettrodi, e nello stesso senso con cui varia la pressione.

Ma se colle pressioni relativamente elevate si ha il vantaggio di avere valori un pò più grandi delle intensità, e quindi anche della differenza fra corrente con e senza campo, adoperando aria molto rarefatta diviene più considerevole il rapporto fra le due intensità; di modo che, scegliendo giudiziosamente le scale grafiche pei potenziali e per le intensità, si ottengono diagrammi in cui le due curve (quella usuale e quella coll' intervento del campo magnetico) si separano largamente in corrispondenza agli alti potenziali.

Giudico perciò opportuno riferire una nuova serie di misure simile a quella che costituisce la tabella a pag. 61. Il tubo adoperato fu quello della figura 2, e conteneva aria alla pressione di 0,10 mm. Siccome le dimensioni dell' apparecchio influiscono sulle grandezze misurate, così, in vista di qualche eventuale verifica indico quì tali dimensioni: $DE = FG = 90$ mm.; $IH = 39$ mm.; $DF = EG = 15$ mm.; larghezza delle lastre, che in questo apparecchio sono di alluminio, secondo la direzione perpendicolare al piano di figura $= 40$ mm.

| Potenziale in volta | Intensità in microampère | |
|---|---|---|
| | Campo nullo | Campo 300 gauss |
| 2 | 0, 077 $10^{-4}$ | 0, 078 $10^{-4}$ |
| 10 | 0, 086 » | 0, 088 » |
| 80 | 0, 107 » | 0, 107 » |
| 160 | 0, 124 » | 0, 128 » |
| 240 | 0, 136 » | 0, 151 » |
| 320 | 0, 162 » | 0, 196 » |
| 360 | 0, 178 » | 0, 223 » |

Nel diagramma della fig. 4 sono stati segnati con piccoli cerchi i punti che hanno per ascisse i numeri della 1° colonna e per ordinate quelli della seconda, mentre si sono indicati con cerchi pieni i punti di eguali ascisse, e aventi per ordinate i valori della terza colonna. E così si vede chiaramente che le due curve, insieme sensibilmente confuse in corrispondenza dei piccoli valori del potenziale, si separano poi largamente quando si manifesta la ionizzazione per urto. Ed è quì appunto che doveva

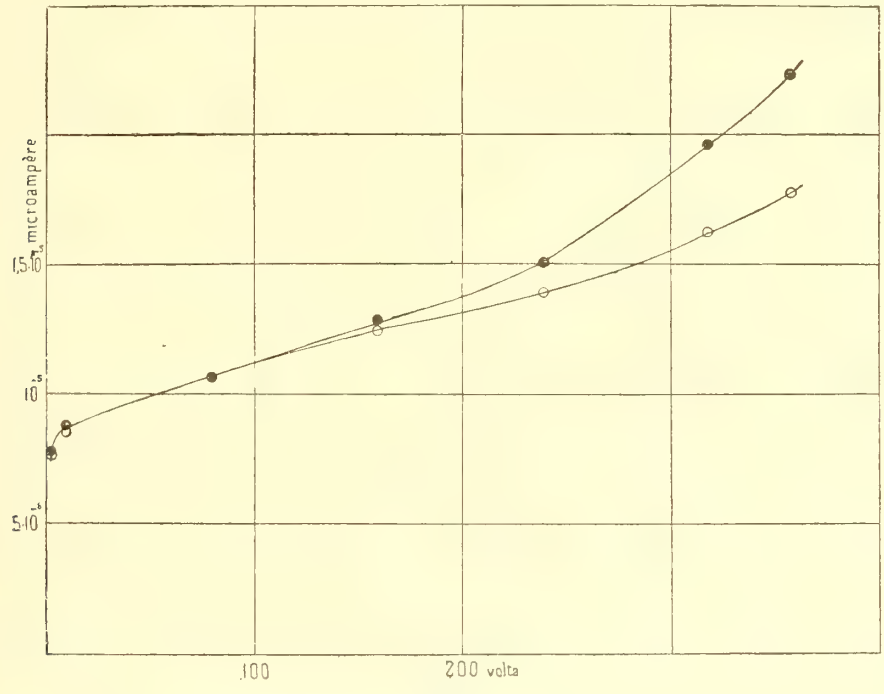



Fig. 4

manifestarsi la magnetoionizzazione, se effettivamente resta abbassato il minimo di energia necessario perchè un ione possa col suo urto creare ioni novelli.

Nella sua forma la curva inferiore della fig. 4 differisce dalla sua analoga della fig. 3 in ragione della diversa pressione. In quella della fig. 4 è rimasta poco visibile la parte che corrisponde alla corrente di saturazione, che invece è marcatissima nella curva fig. 3.

L' apparecchio ad alettrodi paralleli delle fig. 1 e 2 non è il solo che si presti per istituire esperienze dimostrative della magnetoionizzazione. Un altro, che certo deve poter servire al medesimo scopo è l' apparecchio ad elettrodi cilindici coassiali, delle cui speciali proprietà ho in tanti casi tratto grande partito. Preparata l' esperienza secondo questa direttiva, il risultato previsto si è subito ottenuto, tanto che giudico opportuno darne pronto riferimento.

Come sia disposta l' esperienza lo si vede nella fig. 5. L' aria rarefatta è contenuta in un tubo di vetro avente circa 22 mm. di diametro, munito di un elettrodo filiforme *AB* posto nel suo asse, e di un secondo elettrodo *CD* in forma di lastra applicata alla parete del tubo. L' intero apparecchio è collocato secondo l' asse della solita elettrocalamita, della quale vedonsi in *RR* le estremità affacciate dei due rocchetti. L' intervallo fra i poli è di 6 centimetri; ma siccome il tubo è più lungo, esso

penetra colle sue parti estreme nei nuclei dei rocchetti, come vedesi nella figura. I raggi X sono diretti come indica la freccia *F*.

Una precauzione necessaria è quella di fasciare il tubo con foglie o lamine metalliche non isolate onde sottrarre l'elettrodo *CD* (che è quello che è messo in comunicazione coll'elettrometro, mentre l'altro è quello che viene stabilmente caricato) all'in-

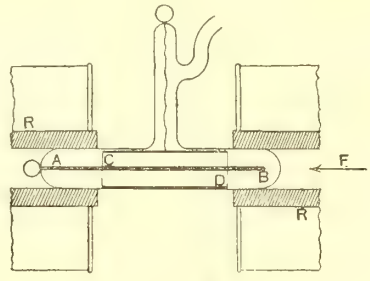



Fig. 5

fluenza elettrostatica della corrente, che percorre i rocchetti quando interviene il campo magnetico.

È noto qual sia l'effetto prodotto dal campo magnetico diretto secondo l'asse sui ioni in moto fra i due elettrodi. Essi acquistano una componente di velocità diretta perpendicolarmente all'asse, in virtù della quale, se il campo è abbastanza intenso un ione (che non subisca collisioni) finisce col non potere più raggiungere l'elettrodo verso cui lo sospinge il campo elettrico. Ciò ha per naturale conseguenza una diminuzione della corrente che attraversa il gas, come pure un aumento del potenziale di scarica. Questo però si verificò soltanto allorchè l'intensità del campo era maggiore di un certo valore, come ricavai da antecedenti ricerche sperimentali; ed appunto per ciò era logico prevedere che anche l'intensità della corrente nell'aria traversata dai raggi X divenisse maggiore adoperando deboli campi, precisamente come si è verificato nel caso dell'apparecchio fig. 1 oppure 2.

Ecco due serie di misure che giustificano quanto precede.

Pressione dell'aria $=$ 0,13 mm.
Potenz. delt'elett. $AB = 320$ volta

| Campo in gauss | Corrente in microampère |
|---|---|
| 0 | $1,20 \cdot 10^{-4}$ |
| 430 | 1,99 » |
| 650 | 2,34 » |
| 837 | 2,05 » |
| 1442 | 1,71 » |

Pressione dell'aria $=$ 1,2 mm.
Potenz. dell'elett. $AB = 400$ volta

| Campo in gauss | Corrente in microampère |
|---|---|
| 0 | $4,36 \cdot 10^{-4}$ |
| 430 | 4,93 » |
| 837 | 4,03 » |
| 1240 | 3,45 » |

Anche qui l'esistenza della magnetoionizzazione è messa in evidenza dall'aversi un massimo di corrente per un certo valore del campo magnetico.

# SUL CONTEGNO

DI

# ALCUNE SOSTANZE ORGANICHE NEI VEGETALI

## IX. MEMORIA

DI

GIACOMO CIAMICIAN E CIRO RAVENNA

(letta nella Sessione del 10 Dicembre 1916).

Le sostanze organiche che costituiscono gli organismi vegetali possono essere distinte in due gruppi: l'uno comprende i composti indispensabili alla vita come i grassi, gli zuccheri semplici e complessi e le proteine; l'altro tutte quelle quelle sostanze che si sogliono chiamare accessorie, come i glucosidi, le essenze, le materie coloranti (oltre alla clorofilla la cui funzione è ben nota) le resine, gli alcaloidi ecc. Mentre sul significato biologico e chimico delle prime non esiste alcuna divergenza di vedute essendo tutti concordi nel riconoscere la loro importanza per la vita organica, regna ancora grande incertezza intorno alla funzione delle seconde. La divergenza su questo argomento va tanto oltre che mentre alcuni autori considerano queste sostanze come materiali di riserva di cui le piante possono servirsi in dati momenti del loro sviluppo, altri le riguardano addirittura come materiali escrementizi di cui le piante non possono liberarsi mancando esse di organi escretori. Di questa opinione è segnatamente il Pictet, chè ebbe più volte occasione di esporre le proprie idee su questo importante argomento e specialmente in un interessante discorso pronunciato alla società elvetica di scienze naturali a Ginevra, nel settembre 1915 (1). In esso egli fa notare sopra tutto, che le sostanze accessorie appartengono ai composti ciclici, mentre in genere quelle fondamentali contengono catene aperte di atomi di carbonio e trova in questa differente struttura la differenza fra le materie organiche della vita e quelle che ad essa non possono più prender parte. Egli conclude col dire che la pianta ideale di queste ultime non dovrebbe contenerne affatto.

Noi non vogliamo entrare ora in un particolareggiato esame delle obbiezioni che si potrebbero opporre a queste vedute che non mancherebbero di una certa genialità, ma non possiamo astenerci dall'affermare che la conclusione non ci sembra molto verosimile.

(1) La structure moléculaire et la vie; Archives des Sciences physiques et naturelles, IV, vol. 40, pag 181.

Non può apparire probabile che le piante fabbrichino dai rifiuti del mirabile processo di sintesi organica che in esse si compie, sostanze così complesse come sono ad esempio molti alcaloidi, per il solo scopo di renderle innocue al loro organismo, tanto più che queste così dette inutilità organiche vanno alle volte a deporsi nei semi che non dovrebbero verosimilmente contenere sostanze inutili o dannose per lo sviluppo del nuovo organismo.

Le piante del resto non sono del tutto sprovviste di mezzi escretori e possiedono poi probabilmente un mezzo assai efficace per eliminare i rifiuti organici: quello dell'ossidazione.

A proposito del significato biologico degli alcaloidi, noi abbiamo già espresso la supposizione che questi corpi e forse tutte le sostanze accessorie, potrebbero esercitare la funzione di ormoni vegetali. A questo scopo abbiamo iniziato una serie di esperienze e nella presente Memoria descriveremo quelle compiute durante l'anno scorso.

Questa Memoria si suddivide in due parti: nella prima tratteremo dell'influenza di alcune sostanze organiche sulla germinazione e sullo sviluppo delle piante; nella seconda delle possibili autossidazioni che alcuni composti potrebbero subire per l'azione di catalizzatori che sono contenuti nei vegetali.

## PRIMA PARTE

Le piante sono, in genere, organismi poco reattivi e però si prestano male a studiare l'effetto di interventi chimici. Noi abbiamo in proposito una larga esperienza, perchè da parecchi anni ci occupiamo del contegno delle sostanze organiche nei vegetali. Finora abbiamo sempre osservato che l'introduzione di tali corpi sia per mezzo delle radici che per inoculazione nel fusto, se la natura e la qualità della sostanza sono tali da lasciare le piante in vita, esse non manifestano esteriormente nessuna alterazione facilmente apprezzabile.

Le esperienze da noi fatte finora si riferivano peraltro a piante adulte che evidentemente devono essere poco sensibili a simili interventi. Era invece da sperarsi che operando subito nel periodo della germinazione dei semi e continuando il trattamento durante tutto lo sviluppo della pianticella, si sarebbe potuto notare qualche modificazione anche nell'aspetto esteriore della specie esaminata.

Noi abbiamo fatto finora alcune esperienze coi fagioli e col mais ed abbiamo ottenuto, massime coi primi, impiegando il nitrile mandelico (cianidrina dell'aldeide benzoica), la nicotina, la stricnina, la caffeina e la morfina, qualche risultato che ci sembra degno di menzione.

### Nitrile mandelico.

Fino dall'inizio delle nostre esperienze sul contegno delle sostanze organiche nei vegetali, questo corpo era stato da noi sperimentato sopra piante adulte di fagioli e di mais. Per la sua eccessiva tossicità sopra le dette piante, lo studio del suo comportamento si dovette abbandonare.

Le esperienze dell'anno scorso (1) ci avevano peraltro insegnato che le piantine germoglianti sul cotone idrofilo o sulla carta da filtro potevano abituarsi più facilmente a sopportare sostanze venefiche di quelle adulte crescenti in piena terra o in vasi e però abbiamo iniziato le nostre esperienze con questa sostanza che per la sua diffusione nel regno vegetale appariva senza dubbio, di particolare interesse.

Per studiare il contegno del nitrile mandelico sui semi germinanti si posero, il 20 maggio, in un germinatoio di ferro zincato, sopra cotone bagnato con acqua, 500 gr. di fagioli. Contemporaneamente si posero alcuni semi di fagioli in due piccoli germinatoi di vetro. A germinazione iniziata, cioè il 25 maggio, si cominciarono a bagnare quotidianamente i semi del germinatoio metallico, con una soluzione di nitrile mandelico a 1 per mille ed i semi degli altri due germinatoi, a scopo di confronto, gli uni alternativamente con una soluzione nutritizia senza azoto e con acqua; gli altri con soluzione di nitrile mandelico a 1 per mille, contenente 2 per cento di glucosio.

I semi bagnati colla soluzione nutritizia continuarono naturalmente in modo regolare lo sviluppo e sebbene l'azoto non venisse somministrato e le piantine non rivelassero nelle radici la presenza di tubercoli, giunsero in breve a fioritura. Nel germinatoio trattato colla soluzione di nitrile mandelico e glucosio, l'accrescimento si fece subito assai stentato, forse in seguito all'invasione di muffe e le piantine morirono in breve. Assai diverso fu invece il comportamento dei soggetti irrorati colla semplice soluzione di nitrile mandelico: dopo un momentaneo rallentamento di sviluppo nei primi giorni della somministrazione, l'accrescimento riprese in modo regolare. Le piantine andavano assumendo però un aspetto notevolmente diverso da quello dei testimoni (vedi figura 1): radici meno sviluppate, fusti più grossi e più corti, foglie di forma rotondeggiante e cioè meno allungata e di colore marcatamente più cupo. Anche queste piante giunsero a fioritura con qualche giorno di ritardo su quelle di controllo.

Per vedere se nelle piantine si fosse formato un glucoside simile all'amigdalina, esse vennero prelevate il 24 giugno a fioritura incipiente. Il loro peso era di gr. 755. Vennero messe a poco per volta nell'acqua bollente allo scopo di distruggere gli enzimi, quindi triturate e torchiate; il liquido ottenuto fu unito all'acqua nella quale si era eseguita la scottatura ed il tutto distillato col vapore. Sulle prime porzioni del distillato si ricercarono la benzaldeide e l'acido cianidrico eventualmente liberi, ma le reazioni furono negative. Nel liquido residuo della distillazione venne aggiunta un poco di emulsina e dopo 24 ore si distillò di nuovo in corrente di vapore. Sulle prime porzioni del distillato si ricercò l'acido cianidrico colla cartina picrosodata e colla reazione del bleu di Prussia e la benzaldeide coll'acetato di fenilidrazina. Tutte le reazioni furono però negative.

Per confermare il risultato ottenuto nell'esperienza ora descritta abbiamo messo in due germinatoi di vetro il 15 settembre alcuni semi di fagioli. A germinazione già avanzata, cioè il 20 settembre, abbiamo cominciato ad innaffiarli sistematicamente l'uno con una soluzione nutritizia senza sali azotati contenente 1 per mille di nitrile mandelico; l'altro con una soluzione nutritizia completa.

(1) Queste Memorie, serie VII, Tomo III, pag. 71 (1915-16).

Le piante trattate col nitrile mostrarono, anche questa volta, l' aspetto sopra indicato, ma non tutte; circa la metà di esse presentava i caratteri normali mentre l' altra metà aveva aspetto simile alle piante di controllo. Con grande meraviglia osservammo che mentre alla fine di ottobre le piante testimoni si seccarono, quelle trattate col nitrile e che presentavano i caratteri distintivi, si mantennero verdi e lo sono tuttora sebbene sia arrestato ogni sviluppo.

Nelle esperienze ora descritte, il trattamento col nitrile mandelico veniva iniziato bensì nei primi stadi della germinazione, ma quando le piantine avevano raggiunto un certo sviluppo. Ci parve interessante studiare l' effetto di questa sostanza somministrandola sia prima dell' inizio della germinazione, sia a germinazione molto avanzata.

A tal fine vennero posti in un germinatoio bagnato colla soluzione di nitrile mandelico, 90 semi di fagioli ed altrettanti semi si posero in un altro germinatoio bagnato con acqua. Nel primo germinatoio germinarono soltanto 6 semi a distanza di 9 giorni dalla semina; gli altri avevano perduto il potere germinativo. I semi del secondo germinatoio iniziarono la germinazione nella quasi totalità dopo due giorni; quando le piantine ebbero raggiunto un certo sviluppo, si trattarono di quando in quando con una soluzione nutritizia e in prossimità alla fioritura vennero bagnate una volta colla soluzione a 1 per mille di nitrile mandelico. In seguito a poche ore tutte le piantine perirono, ripiegandosi il fusto in prossimità delle radici.

Alcune prove eseguite parallelamente alle precedenti col mais dimostrarono che i semi di questa pianta hanno, col nitrile mandelico, un contegno analogo a quello dei fagioli. Questa sostanza, somministrata al momento della semina, nella concentrazione di 1 per mille, impedì in modo assoluto la germinazione del mais. Cominciando invece l' innaffiamento nei primi stadi della germinazione, le piantine non apparvero sofferenti e dimostrarono nell' abito, le caratteristiche già riscontrate nelle piante di fagioli, cioè radici meno sviluppate, fusto più grosso e più corto, foglie di un verde più cupo in confronto coi relativi testimoni che venivano trattati con soluzione di nitrato allo stesso titolo di azoto.

Da queste esperienze risulta dunque che il nitrile mandelico, mentre impedisce quasi totalmente la germinazione dei semi di mais e di fagioli è tollerata dalle piantine abituate all' azione del veleno, alle quali impartisce dei caratteri particolari e tanto che, segnatamente le piantine di fagioli si modificano in modo da apparire, per quanto si può dire per ora, così diverse dalle normali, come se rappresentassero una nuova varietà del Phaseolus vulgaris. Va riscontrato ancora che, a differenza degli altri casi da noi studiati con altre sostanze, non si riscontrarono nelle piantine nè l' acido cianidrico nè l' aldeide benzoica, nè direttamente nè dopo l' aggiunta di emulsina. Si vede dunque che esse si sono nutrite a spese dell' azoto dell' acido cianidrico del nitrile mandelico e che l' aldeide benzoica venne ossidata o altrimenti trasformata. Infine è rimarchevole che le pianticelle normali adulte e cioè non abituate al veleno fino dai primordi del loro sviluppo, venissero uccise dal nitrile mandelico in conformità a quanto avevamo osservato altre volte con piante adulte crescenti in vaso o in piena terra, come s' è detto in principio.

## Acido cianidrico e amigdalina.

Le esperienze con queste due sostanze sono state eseguite allo scopo di vedere se anche esse, come il nitrile mandelico, impedissero la germinazione dei semi.

L' acido cianidrico venne somministrato ai fagioli ed al mais al momento della semina, alla concentrazione dell' 1 per mille.

In una prima esperienza sui fagioli germinarono 37 semi sopra 87 con un ritardo di 4 giorni sopra quelli bagnati con sola acqua. In una seconda prova ne germinarono 25 su 90 anch' essi con un ritardo di 4 giorni. Le piantine continuarono per qualche tempo a crescere assai stentatamente e proseguendo nelle somministrazioni finirono per seccarsi presto in causa forse, più che della tossicità dell' acido prussico, dell' invasione di abbondanti muffe. Risultati simili si ottennero col mais. Per questi semi, la germinazione avvenne un poco più regolarmente che non per i fagioli e le piantine dimostrarono nei periodi successivi, resistenza un poco maggiore.

Coll' amigdalina si sperimentarono soltanto i fagioli e si eseguirono due prove: la prima trattando i semi colla soluzione corrispondente a 1 per mille di acido cianidrico cioè circa 19 gr. per litro; la seconda colla soluzione corrispondente a 1 per mille di nitrile mandelico, cioè circa gr. 5,5 per litro.

In entrambi i casi la germinazione si iniziò contemporaneamente ai semi testimoni trattati con acqua; ma nella prima prova germinarono soltanto 23 semi su 90, mentre nella seconda la germinazione fu quasi totale, come per i semi di controllo.

Non si poterono fare ricerche intorno all' ulteriore sviluppo delle piantine perchè il mezzo di coltura si ricoprì rapidamente di muffe.

Risultò tuttavia da queste prove che l' amigdalina, qualora non sia in concentrazione eccessivamente elevata, non si oppone alla germinazione dei semi, contrariamente a quanto avviene per il nitrile mandelico. Se poi le piantine germinanti non poterono ulteriormente svilupparsi, ciò sembrò doversi ascrivere non alla tossicità dell' amigdalina, ma all' ammuffimento del mezzo di coltura.

Questi fatti hanno naturalmente la loro importanza in quanto illustrano le ragioni per cui i semi del Phaseolus lunatus e quelli delle prunacee non contengono liberi l' acido cianidrico ed i rispettivi nitrili, ma bensì in forma glucosidica.

## Alcaloidi.

Come è noto, i semi di molte piante contengono alcaloidi in rilevante quantità, epperò appariva opportuno, dopo i risultati ottenuti col nitrile mandelico e coll' acido cianidrico, ricercare quale influsso avessero queste sostanze così venefiche sulla germinazione di semi di piante non alcaloidiche. Le esperienze vennero fatte, come s' è detto in principio, con la nicotina, la stricnina, la caffeina ed anche colla morfina, sebbene questa sostanza non sia stata riscontrata nei semi.

Stricnina. — L' esperienza colla stricnina fu iniziata il 7 giugno sopra i fagioli che vennero posti in un germinatoio e bagnati, al momento della semina, colla soluzione di 1 gr. di stricnina neutralizzata colla quantità calcolata di acido tartarico per ottenere il tartarato neutro, in 1 litro d' acqua. In un altro germinatoio si posero, come al solito, i semi testimoni da bagnarsi con acqua.

La germinazione dei semi trattati con stricnina avvenne regolarmente nel giorno successivo e parve anche con qualche anticipo su quelli di controllo; ma le piantine, dopo alcuni giorni di vita normale, cominciarono a dimostrare evidenti segni di sofferenza, finchè finirono per seccarsi entro 15 giorni.

L' esperienza venne ripetuta sui semi di mais, ma diede analogo risultato.

La stricnina dunque, mentre non è di ostacolo alla germinazione dei semi, anzi sembra favorirla, agisce da veleno nell' ulteriore sviluppo delle giovani piante.

Nicotina. — Le prove colla nicotina si eseguirono anch' esse sui fagioli adoperando, come per la stricnina, la soluzione dell' alcaloide a 1 per mille, a cui era aggiunta la quantità di acido tartarico calcolata per ottenere il tartarato neutro.

In due germinatoi vennero posti rispettivamente 30 semi di fagioli: l' uno venne bagnato al momento della semina colla soluzione di nicotina; l' altro con acqua. Questo alcaloide ebbe azione inibitrice sulla germinazione poichè soltanto 4 semi poterono germinare ed il processo si arrestò ai primi stadi.

Abbiamo perciò tentato, come per il nitrile mandelico, di abituare le piante all' azione del veleno facendo le somministrazioni a germinazione già iniziata. A tal fine il 3 luglio vennero posti in due germinatoi bagnati con acqua, alcuni semi di fagioli. L' 8 luglio, a germinazione iniziata, si eseguì il trattamento di uno dei germinatoi colla soluzione di nicotina e dell' altro, colla soluzione di nitrato. Dopo pochi giorni, le piante che ricevettero la nicotina manifestavano un aspetto simile a quelle trattate col nitrile mandelico segnatamente pel colore più cupo e la forma delle foglie che si mostravano increspate ai bordi (vedi fig. 2). Su di esse apparivano inoltre delle bollosità che ingrandendosi man mano avrebbero condotto al disaccamento delle piante.

Prima che questo fosse completo, le piantine vennero prelevate per vedere se la nicotina fosse stata assorbita. A tal fine si preparò un estratto cloridrico che fu evaporato nel vuoto; il residuo, sciolto in acqua, si rese fortemente alcalino con potassa caustica e si estrasse il liquido con etere. La soluzione eterea venne dibattuta con acido cloridrico, il liquido acido fu evaporato a secco nel vuoto ed il residuo, ripreso con acqua, venne trattato con cloruro d' oro. Si ottenne un precipitato giallo chiaro che fu seccato nel vuoto, pesato, quindi identificato per cloroaurato di nicotina. La sua quantità era di gr. 1 pari a gr. 0,2 di nicotina.

Da questa esperienza è dunque risultato che la nicotina, oltre ad impedire la germinazione dei semi è anche poco tollerata dalle piantine in via di sviluppo; non disperiamo peraltro modificando le condizioni di ambiente e con maggiori precauzioni, di ottenere in seguito risultati più favorevoli.

Morfina e caffeina. — Per le esperienze colla morfina si adoperò la soluzione

acquosa a 1 per mille a cui veniva aggiunta la quantità di acido tartarico necessaria per ottenere il tartarato neutro; la caffeina invece, avendo reazione neutra, venne adoperata allo stato libero in soluzione a 1 per mille.

In 4 germinatoi vennero posti, il 14 luglio, alcuni semi di fagioli; due di essi vennero bagnati, al momento della semina, con acqua, gli altri due rispettivamente colla soluzione di morfina e di caffeina. La germinazione avvenne contemporaneamente e regolarmente in tutte le prove; ma i semi bagnati con entrambi gli alcaloidi si arrestarono nello sviluppo, ai primi stadi.

Per studiare l'azione dei due alcaloidi in parola sui semi già germinati, abbiamo trattato il 20 luglio i semi germinanti di controllo della precedente esperienza, rispettivamente colle soluzioni dei due alcaloidi. Due o tre giorni dopo il trattamento lo sviluppo si arrestò in entrambi i germinatoi; le piantine con caffeina, alla fine di luglio, erano già completamente secche; quelle con morfina resistettero un poco di più, ma in causa della comparsa di numerose muffe, l'esperienza non potè essere del tutto concludente.

Da queste prove appare che la morfina e segnatamente la caffeina hanno sul processo germinativo un contegno analogo a quello della stricnina; cioè non impediscono la germinazione, ma arrestano l'ulteriore sviluppo della pianta.

Si potrebbe dire che l'azione della stricnina è antitetica a quella del nitrile mandelico e della nicotina: queste ultime sostanze impediscono o ritardano molto la germinazione, ma ad esse le piante possono abituarsi modificando il loro aspetto. In vista di questi fatti si potrebbe rilevare che, mentre nei semi di tabacco la nicotina è contenuta in quantità assai esigua (noi abbiamo ottenuto da 1 Kg. di semi 0,2 gr. di cloridrato) (1) e che aumenta con lo sviluppo delle piante, i semi delle stricnacee sono assai ricchi (1,5%) dell'alcaloide. Non ci sembra che queste osservazioni parlino in favore della supposizione che gli alcaloidi non abbiamo nessuna funzione organica e siano da considerarsi esclusivamente come sostanze di rifiuto.

Queste esperienze devono naturalmente essere riprese e proseguite su più larga scala estendendole ad altre sostanze oltre a quelle sperimentate finora, ciò che ci proponiamo di fare appena la stagione lo permetterà.

## SECONDA PARTE

Nelle esperienze descritte nelle nostre precedenti Memorie abbiamo costantemente osservato che le sostanze inoculate nelle piante venivano in gran parte distrutte probabilmente in seguito a processi di autossidazione. Che le sostanze assorbite dalle piante vengano nel loro interno facilmente ossidate, risulta dalle esperienze di uno di noi (2) sulla nutrizione delle piante verdi per mezzo di sostanze organiche.

(1) Queste Memorie, serie VII, Tomo I, pag. 345 (1913-14).
(2) C. Ravenna, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, XXV, I, 649 (1916).

Era logico supporre che i fatti osservati fossero dovuti all' azione di enzimi contenuti nelle piante e che per conseguenza gli accennati processi si dovessero compiere non soltanto negli individui viventi, ma anche nelle poltiglie ottenute triturando le piante e contenenti quindi tutti i principî attivi. Per tale motivo alcuni anni or sono abbiamo eseguito e pubblicato alcune esperienze (1) che avevano lo scopo di studiare la formazione dei glucosidi in contatto delle poltiglie vegetali. In quello studio avemmo occasione di osservare che, come nelle piante viventi, anche in contatto delle piante triturate si determinano le sintesi di alcuni glucosidi e che le sostanze organiche aggiunte, vengono del pari in parte distrutte.

In prosecuzione di quelle ricerche ed allo scopo di meglio studiare l' intensità dei prosupposti processi di autossidazione determinati sulle sostanze organiche dai principi attivivi contenuti nei vegetali, abbiamo istituito l' anno scorso e descriviamo in questa Memoria, alcune nuove esperienze eseguite ponendo in contatto degli spinacci triturati, alcune sostanze organiche.

Le sostanze prescelte per queste prove furono: la saligenina, l' acido salicilico, l' acido benzoico, la pirocatechina, la piridina, la piperidina, la nicotina e l' acido tartarico.

Le varie sostanze venivano tenute per circa un mese a contatto delle poltiglie vegetali a cui si aggiungeva un poco di toluolo per evitare la putrefazione e per facilitare i processi di autossidazione si faceva passare per tutta la durata dell' esperienza, una lenta corrente di ossigeno. Il gas che si svolgeva veniva poi fatto gorgogliare nell' acqua di barite per avere eventualmente qualche indizio, dalla quantità di carbonato di bario formatosi, sull' entità dei fenomeni ossidativi.

Saligenina. — Per studiare il contegno della saligenina colle poltiglie di spinaci si pose in un pallone della capacità di due litri circa, mezzo chilogr. di foglie triturate e vi si aggiunsero gr. 2 di saligenina sciolti in mezzo litro d' acqua e un poco di toluolo come antisettico. Il pallone veniva chiuso con un tappo a due fori per uno dei quali passava un tubo ripiegato ad angolo retto che penetrava nella massa e per il quale si faceva passare una lenta corrente di ossigeno; l' altro foro era in comunicazione con una bottiglia di lavaggio contenente acqua di barite alla scopo di poter apprezzare, dalla quantità del carbonato di bario formatosi, l' intensità dei processi ossidativi che si compievano nella massa.

L' esperienza iniziata il 10 febbraio proseguì fino al 12 marzo. Per dosare la saligenina contenuta nella poltiglia, si preparò con questa un estratto acquoso che venne esaurito con etere. Evaporato l' etere, si sciolse il residuo in acqua, si rese alcalino il liquido con carbonato sodico e si estrasse di nuovo con etere. Per evaporazione del solvente si ebbe un residuo costituito da saligenina che, seccata nel vuoto, pesava gr. 0,50.

Il liquido alcalino residuo della precedente estrazione venne acidificato con acido solforico, quindi si estrasse con etere. Evaporato l' etere si ottenne un residuo cristallizzato in aghi, che dava la reazione dell' acido salicilico. Il suo peso era di gr. 0,11.

(1) Rendiconti della R. Accademia bei Lincei, XVIII, 2, 594 (1909).

Per vedere se dalla saligenina avesse preso origine un composto di natura glucosidica abbiamo aggiunto al liquido acquoso primitivo un poco di emulsina. Dopo 24 ore di riposo si estrasse con etere. Un saggio eseguito sulla soluzione eterea dimostrò che essa conteneva acido salicilico, ma non saligenina. Per dosare l'acido salicilico si distillò il solvente. ma durante la concentrazione, la bevuta che lo conteneva esplose con grande violenza di modo che la determinazione andò perduta (1).

Il carbonato di bario formatosi nella bottiglia di lavaggio, venne raccolto su filtro, seccato e pesato. Se ne ottennero gr. 28.

Dall'esperienza descritta è risultato dunque che la quantità di saligenina ritrovata, era notevolmente inferiore a quella introdotta. Per accertare le perdite inevitabili nella preparazione dell'estratto acquoso, abbiamo fatto una prova di controllo ponendo per breve tempo a contatto di mezzo chilogr. di spinaci triturati, 2 gr. di saligenina sciolti in 500 cc. di acqua Si eseguì quindi, nel modo descritto, l'estrazione con etere. Si ottennero gr. 1,50 di saligenina in confronto di gr. 0,50 estratti, come già si disse, nella prova in corrente di ossigeno.

Per accertare poi se l'azione osservata colla poltiglia di spinaci fosse determinata da un fermento solubile o se il catalizzatore fosse una sostanza che non passa nell'estratto acquoso filtrato, come avviene per gli enzimi della fermentazione acetica e lattica (2) ed anche per alcuni enzimi di piante superiori (3), abbiamo ripetuto l'esperienza adoperando in luogo della poltiglia, dei succhi vegetali.

Ci siamo serviti, da principio, di un estratto di digitale (soterio digitale) gentilmente inviatoci dalla Casa Erba. Si introdussero gr. 2 di saligenina in 60 c.c. di liquido e si tenne il tutto, per 15 giorni, in corrente di ossigeno. Procedendo quindi all'estrazione della saligenina si ritrovò che era rimasta inalterata nella sua totalità. Risultato analogo si ebbe adoperando il succo ottenuto spremendo 500 gr. di spinaci.

I succhi delle piante impiegate non manifestano quindi il potere ossidante posseduto dalla poltiglia, il che sta a indicare che i principi attivi ossidanti, sono insolubili o rimangono aderenti alla parte solida.

Poichè altra volta avevamo osservato che le poltiglie di piante avevano una energica azione scomponente sopra il glucoside della saligenina (salicina), ci è sembrato interessante ricercare se anche il succo avesse conservato la stessa proprietà. A tal fine, al

---

(1) È noto che in causa della formazione di perossidi gli estratti eterei possono esplodere, ma le esplosioni avvengono di regola quando si continua a riscaldare l'estratto dopo la completa evaporazione del solvente. Nel nostro caso lo scoppio avvenne invece durante la concentrazione. Non abbiamo potuto stabilire la causa di tale fatto che si ripetè altra volta, tanto che in esperienze successive, abbiamo stimato prudente modificare i metodi di dosaggio, senza ricorrere all'etere.

(2) Vedi: Ueber die Milchsäuregährung, Ednard Buchner e Jacob Meisenheimer, Annalen der Chemie, Vol. 349, pag. 125 (1906); Ueber Essiggährung, Eduard Buchner e Rufus Gaunt, Annalen der Chemie, Vol. 349, pag. 140 (1906).

(3) Vedi: Ciro Ravenna e Mario Tonegutti, Contributo allo studio dell'acido cianidrico nel sambuco, Le stazioni sperimentali agrarie italiane, Vol. XLII, pag. 862 (1909).

succo (100 c. c.) ottenuto spremendo 500 gr. di spinaci, vennero aggiunti 2 gr. di salicina, un poco di toluolo e si lasciò il tutto per 20 giorni in riposo.

Si estrasse quindi con etere. L'estratto dava intensamente le reazioni della saligenina e dell'acido salicilico, ma rimase sciropposo e pesava gr. 1,20, cioè più della quantità di saligenina corrispondente alla salicina introdotta (gr. 0,86) (1). Nel liquido residuo dell'estrazione eterea si aggiunse un poco di emulsina e dopo 24 ore si estrasse ancora con etere. Ma durante la concentrazione del solvente si ebbe una nuova esplosione pe cui l'esperienza fu abbandonata.

Acido Salicilico. — Questa sostanza venne sperimentata tanto libera, come allo stato del suo sale sodico.

L'esperienza coll'acido salicilico libero fu iniziata il 20 marzo. In un pallone della capacità di 2 litri si introdusse la poltiglia ottenuta triturando 500 gr. di spinaci; vi si aggiunsero 2 gr. di acido salicilico sciolti in mezzo litro di acqua, un poco di toluolo e si lasciò la massa per circa un mese e mezzo in corrente di ossigeno facendo gorgogliare il gas che si sviluppava come nell'esperienza precedentemente descritta, nell'acqua di barite.

Il materiale vennne preso in lavorazione il 4 maggio. Si preparò con esso un estratto acquoso che si portò al volume di 2 litri. Una parte aliquota del liquido (500 c. c.) venne distillata col vapore per eliminare il toluolo quindi in essa fu dosato l'acido salicilico allo stato di tribromofenolo (2). Si aggiunsero, a tal fine 4 gr. di bromo, 9 gr. di ioduro di potassio e solfito sodico fino a decolorazione. Si distillò fino a che il passaggio del tribromofenolo era cessato, raccogliendo 2800 c. c. di liquido. Il tribromofenolo filtrato su filtro tarato e seccato nel vuoto, pesava gr. 0,5676 che aggiunti a gr. 0,19, quantità che rimane disciolta nell'acqua, formano un totale di gr. 0,7576 pari a gr. 1,08 di acido salicilico nell'estratto totale.

La quantità di carbonato di bario raccolta nel periodo dell'esperienza fu di gr. 15.

Come prova di controllo si mescolò la poltiglia di 500 gr. di spinacci con 2 gr. di acido salicilico sciolti in mezzo litro d'acqua e si eseguì dopo breve tempo il dosamento, colle modalità precedentemente descritte.

Si pesarono gr. 0,7286 di tribromofenolo a cui vanno aggiunti, per la correzione gr. 0,19 ottenendosi un totale di gr. 0,9186 pari a gr. 0,37 di acido salicilico nei 500 c. c. di liquido esaminato e a gr. 1,48 nella totalità dell'estratto.

(1) L'eccesso di residuo si spiega facilmente poichè esso conteneva dei perossidi provenienti dall'etere impiegato; trattandolo con acetato di piombo si ebbe un precipitato bruno di biossido di piombo.

(2) Il metodo venne prima da noi sperimentato sopra una soluzione acquosa a 1 per mille di acido salicilico. 500 c. c. di detta soluzione vennero trattati con un eccesso (10 atomi per molecola) di bromo, ossia gr. 4; si aggiunse la quantità calcolata di ioduro di potassio (1 molecola per ogni atomo di bromo) ossia gr. 9 e solfito sodico fino a decolorazione. Il liquido venne distillato col vapore fino a raccogliere c. c. 2800 di distillato; ed il tribromofenolo passato col vapore venne raccolto, seccato nel vuoto e pesato. Si ottennero gr. 0,8862 di tribromofenolo, a cui aggiungendo gr. 0,19 (essendo il tribromofenolo solubile nell'acqua a 15° nel rapporto di gr. 0,07 per litro) si ha un totale di 1,0762 corrispondenti a gr. 0,45 di acido salicilico ossia a 0,90 per mille nella soluzione primitiva, in luogo di 1 per mille.

L'acido salicilico fu sperimentato, come si disse, anche allo stato di salicilato sodico. A tal fine, gr. 2,30 del sale, corrispondenti a 2 gr. di acido salicilico, sciolti in 500 c.c. di acqua, vennero tenuti a contatto con mezzo chilogr. di poltiglia di spinacci, in corrente di ossigeno, nel periodo dal 15 maggio al 15 giugno. Fu preparato quindi un estratto acquoso portato come precedentemente a 2 litri e sopra 500 c. c. si dosò l'acido salicilico. Si ottennero gr. 0,4960 di tribromofenolo a cui aggiungendo la quantità disciolta nell'acqua si ha un totale di gr. 0,6860 pari a gr. 0,24 di acido salicilico. Nella totalità dell'estratto se ne trovarono quindi gr. 0,96.

Il carbonato di bario proveniente dall'anidride carbonica sviluppatasi nel corso di questa esperienza, fu di gr. 5.

L'acido salicilico sia libero, che allo stato di sale diede quindi risultati simili e la quantità riscontrata nelle due prove fu alquanto inferiore a quella trovata nella prova di controllo.

Acido Benzoico. — Anche questa sostanza fu adoperata tanto libera, come allo stato del sale sodico.

La prova con l'acido benzoico libero si iniziò colle solite modalità, il 20 marzo, ponendo in 500 gr. di poltiglia, 2 gr. di acido benzoico sciolto in mezzo litro di acqua. Il 10 maggio si pose in lavorazione la massa, colla quale si preparò un estratto acquoso che fu portato al volume di 2 litri.

Molti tentativi fatti per dosare l'acido benzoico senza bisogno di ricorrere all'estrazione coll'etere, come precipitazione con cloruro ferrico o con nitrato d'argento, non diedero risultati attendibili. Perciò una parte aliquota del liquido (500 c. c.) acidificata con acido solforico, venne estratta ripetutamente con etere, la soluzione eterea fu dibattuta con soda diluita ed il liquido alcalino, acidificato con acido solforico, venne di nuovo estratto con etere. Per evaporazione del solvente si ottenne un residuo cristallino molto impuro, che venne disciolto in acqua ed il liquido fu nuovamente estratto con etere. Evaporato il solvente, rimase l'acido benzoico in quantità di gr. 0,40 corrispondenti a gr. 1,60 in tutto l'estratto.

La prova col benzoato sodico, eseguita colla quantità corrispondente a 2 gr. di acido benzoico, fu iniziata il 15 maggio e venne presa in lavorazione il 20 giugno. Procedendo colle stesse modalità si ottennero in totale gr. 1,68 di acido benzoico.

La quantità di carbonato di bario racccolto fu di gr. 9 nell'esperienza coll'acido benzoico e di gr. 20 in quella col benzoato.

Come negli altri casi, si fece anche per l'acido benzoico la determinazione di controllo; gr. 2 di acido benzoico sciolti in 500 c. c. di acqua vennero aggiunti a 500 gr. di spinaci. Dopo alcune ore di contatto, procedendo col sistema sopra descritto si ottennero in totale gr. 1,64 di acido benzoico. Ciò prova che questo acido, sia libero che allo stato di sale non si era affatto alterato durante il corso dell'esperienza in corrente di ossigeno poichè le quantità trovate furono pressochè uguali a quelle della prova di controllo.

Pirocatechina. — L'esperienza con questa sostanza fu iniziata il 15 maggio mescolando 500 gr. di spinacci triturati, con 2 gr. di pirocatechina sciolti in mezzo litro d'acqua e un poco di toluolo. La massa venne lasciata in corrente di ossigeno fino al 17 giugno.

Per dosare la pirocatechina, la poltiglia venne estratta con acqua, l'estratto acquoso fu portato al volume di 2 litri: 250 c.c. del liquido vennero trattati con acetato neutro di piombo. Il precipitato separato per filtrazione e lavato fu sospeso in acqua, decomposto con idrogeno solforato ed il liquido venne estratto con etere. L'estratto etereo, seccato nel vuoto, era cristallino e pesava gr. 0,03. In tutto quindi, la quantità di pirocatechima trovata fu di gr. 0,24. Si raccolsero, nel corso dell'esperienza, gr. 12 di carbonato di bario.

Nella prova di confronto, eseguita nel modo indicato per le altre sostanze, si ottennero gr. 1,60 di pirocatechina.

Per vedere quale influenza avesse avuto nel processo la corrente di ossigeno, abbiamo eseguito una prova ponendo in contatto la stessa quantità di materiali, ma tenendo per un mese il pallone ermeticamente chiuso. La quantità di pirocatechina ottenuta in queste condizioni fu di gr. 0,56.

Piridina. — Questa sostanza fu adoperata allo stato di tartarato acido. L'esperienza venne iniziata il 20 marzo aggiungendo, come per le altre sostanze, a 500 gr. di poltiglia di spinaci, gr. 2 di piridina sciolti in mezzo litro d'acqua contenente gr. 3,70 di acido tartarico. Si lasciò il tutto in corrente di ossigeno fino al 2 maggio, giorno in cui la massa venne prelevata per dosarvi la piridina.

A tal fine si estrasse la poltiglia con acqua si portò l'estratto al volume di 2 litri: 250 c. c. dal filtrato vennero resi alcalini con 150 gr. di potassa caustica in cannelli ed il liquido fu sottoposto alla distillazione in corrente di vapore, raccogliendo il distillato nell'acido cloridrico diluito. Il liquido raccolto venne evaporato a secco nel vuoto ed il residuo si sciolse in poca acqua. La piridina fu dosata allo stato di cloroaurato, perchè da prove preventive ci era risultato che la precipitazione col cloruro d'oro era pressochè quantitativa. Il liquido venne perciò trattato con cloruro d'oro in piccolo eccesso; il precipitato venne filtrato su filtro tarato, lavato con poca acqua e seccato nel vuoto. Il peso del cloroaurato ottenuto fu di gr. 1,0960 che corrisponde ad una quantità di piridina, nella massa totale, di gr. 1,60.

Il carbonato di bario raccolto nel corso di questa esperienza fu di gr. 19.

Nella prova di confronto eseguita per questa sostanza si ebbero, del pari sopra l'ottava parte dell'estratto, gr. 1,1778 di cloroaurato corrispondenti a gr. 1,78 di piridina nell'estratto totale.

Da questa esperienza risulta che la piridina era rimasta, anche nella prova in corrente di ossigeno, pressochè inalterata.

Piperidina. — La piperidina venne sperimentata allo stato di tartarato neutro. La prova fu iniziata il 26 ottobre aggiungendo a 500 gr. di poltiglia di spinacci gr. 2 di piperidina e gr. 1,7 di acido tartarico sciolti in mezzo litro d'acqua. Il tutto si lasciò in corrente di ossigeno fino al 4 dicembre nel qual giorno la massa venne estratta con acqua e l'estratto fu portato a 2 litri.

Per dosare la piperidina si prelevarono 500 c.c. del liquido; vi si aggiunsero 250 gr. di potassa caustica in cannelli e si distillò in corrente di vapore raccogliendo il distillato

nell' acido cloridrico diluito. Il liquido raccolto venne evaporato nel vuoto. Il residuo fu estratto con alcool per separare i sali ammoniacali. Evaporato l'alcool rimasero gr. 0,70 di cloridrato corrispondenti a gr. 0,50 di piperidina che corrispondono a gr. 2 nell'estratto totale.

L' alcaloide in questione si ritrovò dunque alla fine dell'esperienza, nella sua totalità.

Nicotina. — La nicotina venne adoperata allo stato di tartarato acido. L' esperienza fu iniziata il 15 maggio mescolando mezzo chilogr. di poltiglia di spinacci con 2 gr. di nicotina sciolti in 500 c. c. di acqua contenente gr. 3,70 di acido tartarico. Il materiale fu lasciato in corrente di ossigeno fino al 23 giugno, giorno cui fu preso in lavorazione.

Il dosamento della nicotina fu eseguito allo stato di cloroaurato essendoci risultato che il metodo è pressochè quantitativo. Fu preparato, come al solito, un estratto acquoso che si portò al volume di 2 litri. Si prelevarono 250 c. c. del liquido che si resero alcalini con 100 gr. di potassa caustica in cannelli; la soluzione venne estratta con etere e l' etere dibattuto con acido cloridrico diluito. La soluzione acida fu evaporata a secco nel vuoto ed il residuo disciolto in poca acqua venne trattato con un piccolo eccesso di cloruro d'oro. Il precipitato venne filtrato su filtro tarato, lavato con poca acqua e pesato. Si ottennero gr. 0,9104 di cloroaurato corrispondenti, nell' estratto totale, a gr. 1,42 di nicotina.

Il carbonato di bario ottenuto nel corso dell'esperienza fu gr. 8.

Nella prova di controllo, operando, come sopra sull' ottava parte dell' estratto, si ebbero gr. 0,9106 di cloroaurato che rappresenta, parimenti, un totale di gr. 1.42 di nicotina.

Nell' esperienza in corrente di ossigeno la quantità di nicotina trovata è uguale a quella della prova di confronto, il che dimostra che la nicotina, nelle condizioni sperimentate, non è stata alterata.

Acido Tartarico. — Questa sostanza venne sperimentata tanto libera come allo stato di tartarato sodico potassico. Coll' acido libero si èseguì un' esperienza alla luce diffusa, cioè in una sala del laboratorio; un' altra esperienza fu condotta sotto l' azione diretta della luce solare.

Per le due prove coll' acido libero si misero rispettivamente a contatto 10 gr. d'acido tartarico sciolti in mezzo litro d' acqua, con 500 gr. di spinaci triturati. La durata delle prove fu, per quella alla luce diffusa del laboratorio dal 20 marzo al 1 maggio; per quella al sole dal 22 giugno al 22 luglio.

Per il dosamento dell' acido tartarico si fece l' estratto della poltiglia, che si portò al volume di due litri. 200 c. c. rispettivamente vennero evaporati fino al volume di 40 c. c.; il liquido filtrato trattato con cloruro di potassio e con 200 c. c. di miscela di alcool ed etere in parti uguali, lasciato in riposo per 24 ore. Il precipitato di bitartrato potassico venne quindi raccolto su filtro, lavato con piccola quantità di alcool ed etere, disciolto in acqua bollente e la soluzione ottenuta venne titolata con soda decinormale. Ne occorsero per la prova alla luce diffusa c. c. 29,8; per quella alla luce solare c. c. 37,5. Si calcola da ciò un tenore totale in acido tartarico rispettivamente di gr. 4,51 e 5,70.

La prova col tartarato sodico potassico si cominciò il 15 maggio mescolando 500 gr. di poltiglia di spinacci con gr. 18 del sale (pari a 10 gr. di acido tartarico) sciolta in mezzo litro d' acqua. Il tutto rimase in corrente di ossigeno fino al 15 giugno.

Per il dosaggio dell'acido tartarico l'estratto acquoso venne portato a 2 litri e sopra 200 c. c. convenientemente concentrati fu precipitato il cremor tartaro. Questo, disciolto in acqua calda, richiese, per essere neutralizzato, c. c. 27,2 di soda decinormale, il che indica un contenuto totale in acido tartarico pari a gr. 4,14.

La quantità di carbonato di bario ottenuta in queste tre prove fu rispettivamente di gr. 8 coll' acido alla luce diffusa, gr. 10 al sole e gr. 8 col tartarato.

Come controllo delle esperienze ora descritte si pose a contatto mezzo chilogr. di poltiglia di spinaci con 10 gr. di acido tartarico sciolti in 500 c. c. di acqua e si eseguì il dosaggio dopo poche ore. Si trovarono in totale gr. 8,27 di acido tartarico.

Nelle esperienze in corrente di ossigeno è percio risultato che una parte notevole di questa sostanza era stata distrutta.

Testimonio. — Per avere qualche indizio sull' intensità delle ossidazioni che si compiono nelle poltiglie vegetali indipendentemente dalle sostanze aggiunte, abbiamo messo, il 20 marzo, in corrente di ossigeno, 500 gr. di poltiglia di spinaci con mezzo litro d' acqua. Dopo 1 mese raccogliemmo il carbonato di bario formatosi. Pesava gr. 25.

Per meglio discutere i risultati di queste esperienze, crediamo utile di riassumerli nel seguente specchietto:

| Sostanza sperimentata | Quantità | Sostanza ritrovata | | Carbonato di bario |
|---|---|---|---|---|
| | | Prova di controllo | Prova in corrente di ossigeno | |
| Pirocatechina . . . | gr. 2 | gr. 1,60 | gr. 0,24 | gr. 12 |
| Saligenina . . . . | » 2 | » 1,50 | » 0,50 | » 28 |
| Acido tartarico . . | » 10 | » 8,27 | » 4,51 | » 8 |
| Acido tartarico . . (come tartrato) | » 10 | » 8,27 | » 4,14 | » 8 |
| Acido tartarico . . (al sole) | » 10 | » 8,27 | » 5,70 | » 10 |
| Acido salicilico . . | » 2 | » 1,48 | » 1,08 | » 15 |
| Acido salicilico . . (sale sodico) | » 2 | » 1,48 | » 0,96 | » 5 |
| Acido benzoico . . | » 2 | » 1,64 | » 1,60 | » 9 |
| Acido benzoico . . (sale sodico) | » 2 | » 1,64 | » 1,68 | » 20 |
| Piridina. . . . . | » 2 | » 1,78 | » 1,60 | » 19 |
| Piperidina . . . . | » 2 | — | » 2,0 | — |
| Nicotina . . . . . | » 2 | » 1,42 | » 1,42 | » 8 |
| Testimone. . . . . | — | — | — | » 25 |
| Acido solforico . . | — | — | — | » 1 |

Da questo si rileva anzitutto che le sostanze sperimentate hanno un contegno diverso che sta naturalmente in relazione colla loro struttura. Le più alterabili sono la pirocatechina e la saligenina; l'acido salicilico lo è meno della saligenina, ciò che corrisponde anche al suo comportamento col permanganato potassico perchè esso resiste un po' meglio della saligenina a questo reattivo. Il contegno col permanganato non è peraltro determinante in quanto l'acido tartarico scompare quasi per metà, mentre è stabile, entro i limiti caratteristici, al permanganato.

La piridina resta quasi inalterata e più ancora la piperidina e la nicotina mentre queste ultime si autossidano sensibilmente alla luce la quale, viceversa, almeno come risultò dall'esperienza fatta coll'acido tartarico, non aumenta affatto la trasformazione determinata dagli enzimi vegetali contenuti negli spinaci. Questi enzimi come lo dimostrarono le prove fatte cogli estratti e la saligenina, non passano in soluzione, ma sono insolubili o restano aderenti alla parte solida della pianta come lo fanno anche gli enzimi della fermentazione acetica e lattica.

Noi avremmo creduto che si sarebbe manifestata una relazione fra l'andamento della supposta ossidazione e la quantità di acido carbonico emessa durante l'esperienza, dosata in forma di carbonato baritico. Si vede invece che lo sviluppo di anidride carbonica varia irregolarmente nei singoli casi; cio che apparisce evidente è che esso cessa se alla poltiglia spinaci si aggiunge un acido minerale forte come ci risultò da un'esperienza coll'acido solforico riportata nello specchietto. Noi pensammo perciò che anche gli acidi organici potessero paralizzare in parte l'azione del fermento che catalizza la trasformazione, ma le prove coi sali degli acidi salicilico, benzoico e tartarico dimostrarono che la quantità di prodotto scomparso è quasi la stessa impiegando sia l'acido allo stato libero che salificato.

Le sostanze aromatiche che resistono bene agli ossidanti come l'acido benzoico e la piridina, resistono pure all'azione della poltiglia di spinacci. Ma ciò naturalmente non vuole ancora significare che esse restino inalterate, come pure la piperidina e la nicotina, se inoculata nelle piante viventi; anzi le nostre esperienze, fatte negli scorsi anni, dimostrerebbero il contrario.

In base alle prove ora descritte non si può ancora affermare che la forte diminuzione che sempre si osserva inoculando nelle piante le diverse sostanze, sia dovuta ad un'autossidazione, la quale, nelle piante vive, dovrebbe verisimilmente essere assai più energica che in quelle morte; prima di poter dare una spiegazione del contegno delle diverse sostanze organiche in questi processi e del loro significato biologico, sono necessarie ulteriori esperienze che stiamo ora eseguendo su più larga scala.

Per ultimo vogliamo ricordare la Signorina Angela Puricelli che ci ha coadiuvato con intelligente assiduità nell'esecuzione di queste esperienze.

Figura I[a]

A sinistra piantine normali a destra piantine
trattate con nitrile mandeilica.

Figura II[a]

A sinistra piantine normali a destra piantine
trattate con nicotina.

# Di un errore non lieve sulla solubilità del carbonato di calcio nell'acqua bollente

## NOTA

DEL

**Prof. ALFREDO CAVAZZI**

*Letta nella 9ª Adunanza Ordinaria*
*del 22 Aprile 1917.*

In seguito agli esperimenti di Hofmann, Weltzien, Fresenius e Pollacci si dà come fatto certo che il carbonato di calcio nell'acqua a 100°, specialmente dopo lunga ebollizione, è molto più solubile che a freddo, ossia a temperatura ordinaria. La qual cosa a me è parsa sempre poco verosimile per la seguente semplicissima riflessione.

Se, com'è molto probabile, per non dire certo, la condizione precipua di solubilità dei sali nell'acqua, compresi quelli che si separano dalle loro soluzioni allo stato anidro, è un certo legame chimico fra il sale e il solvente, non sarebbe spiegabile la maggior solubilità del carbonato di calcio nell'acqua bollente, cioè ad una temperatura alla quale i suoi idrati, instabilissimi, non possono formarsi nè mantenersi. Anzi il concetto di questo legame chimico non sarebbe sostenibile, allorquando fosse dimostrato con esperimenti sicuri che il carbonato di calcio è più solubile nell'acqua a 100° che a freddo.

Valeva quindi il pregio di ricercare se per avventura i chimici che hanno determinata la solubilità del carbonato di calcio nell'acqua bollente fossero stati tratti in errore.

Da uno specchio comparso nel Trattato di Chimica Minerale del Moissan vol. 3 pag. 580 (1904) ho preso i due dati seguenti:

1 parte in peso di $CaCO_3$ si scioglie a 100° in 9000 di acqua (Fresenius)
1 » » » » » 7000 » (Pollacci)

i quali corrispondono approssimativamente ai seguenti:

1 litro di acqua a 100° scioglie g. 0,111 di $CaCO_3$ (Fresenius)
1 » » » » g. 0,143 » (Pollacci)
1 » » » » g. 0,034 » (Hofmann)
1 » » » » g. 0,036 » (Weltzien)

I due ultimi dati si trovano nel Trattato di Analisi chimica quantitativa del Fresenius (6ª Edizione francese 1891 pag. 129).

Nel quale specchio colpisce subito il rilevare che da un minimo di g. 0,034 (Hofmann) o di g. 0,036 (Weltzien) di carbonato sciolto in 1 litro di acqua bollente, si passa nientemeno che a g. 0,111 (Fresenius) e a g. 0,143 (Pollacci).

Di fronte a tali discordanze e alla indiscutibile valentia dei soprannominati sperimentatori bisognava pur pensare che esse derivassero da una causa probabilmente comune di errore, la quale fu appunto di credere, secondo la generale opinione, che il carbonato di calcio fosse inalterabile nell'acqua a 100°, e conseguentemente di considerare come carbonato tutta la calce che passa in soluzione, quando si tiene a lungo la polvere di questo sale sospesa in acqua bollente.

Spetta al Le Chatelier il merito di aver dimostrato nel 1886 che a 100°, in presenza dell'acqua, il carbonato di calcio patisce una lentissima dissociazione, ed egli potè raccogliere una piccolissima quantità di anidride carbonica facendo bollire nell'acqua della polvere di spato calcare. Evidentemente nell'acqua restava disciolta la quantità di calce corrispondente a quella del sale dissociato.

L'importanza del fatto scoperto dal Le Chatelier, a dir vero, non abbastanza conosciuto ed apprezzato, mi ha invogliato a confermarlo, non operando sullo spato calcare che talvolta contiene minime quantità di carbonato di magnesio, molto più facilmente dissociabile nell'acqua bollente del carbonato di calcio, ma sottoponendo ad esperimento del sale precipitato in tali condizioni da ottenerlo del tutto privo di carbonato di magnesio, di cloruro di ammonio e d'ogni altra impurezza.

L'apparecchio di cui mi sono servito consisteva di un matraccio conico capace di 1000 cmc. circa, a cui era applicato un tappo di gomma ad un solo foro portante un tubo di vetro piegato a squadra, il quale mediante tubo di gomma poteva essere congiunto ad un altro tubo di vetro, piegato pure a squadra, il cui ramo discendente aveva una lunghezza di 50 cm. circa, e questo era fermato con tappo ad una delle due bocche di una piccola boccia di Woulf in modo che la sua estremità inferiore giungesse ad una distanza dal fondo del recipiente di 1 cm. circa. All'altra bocca della boccia era adattato un tappo portante un tubo di vetro a squadra, il quale comunicava a sua volta con un tubo ad U contenente un poco di soluzione concentrata di soda caustica a fine di trattenere l'anidride carbonica dell'aria che casualmente potesse entrare nella boccia.

Prima di cominciare l'esperimento facevo passare a lungo nella boccia di Woulf, fornita dei predetti tubi, una corrente di aria priva di $CO_2$, poi introducevo in essa 50 cmc. di acqua di calce precedentemente preparata facendo bollire moderatamente entro matraccino per alcuni minuti dell'acqua di calce satura a temperatura ordinaria, poi filtrata ancor bollente e lasciata raffreddare in recipiente di acconcia capacità e ben chiuso.

Dopo di che introducevo nel matraccio 1000 cmc. circa di acqua distillata che facevo bollire 10 minuti per scacciare dal liquido ogni traccia di $CO_2$, poi, sospendendo per un momento l'ebollizione, facevo cadere nel matraccio parecchi grammi di carbonato precipitato purissimo, e applicavo al recipiente il tappo di gomma col suo tubo a squadra. Allora portavo di nuovo il liquido ad ebollizione e dopo 2 o 3 minuti mettevo il tubetto a squadra in comunicazione coll'altro più lungo applicato alla boccia, la parte inferiore del quale affondava un poco nell'acqua di calce introdotta in questo recipiente.

Dopo 10 minuti circa che il vapor d'acqua gorgogliava condensandosi nell'acqua di calce, questa intorbidiva sempre manifestamente, e l'intorbidamento andava poi molto lentamente aumentando.

Siccome la durata dell'esperimento è breve, così non è necessario tenere la boccia di Woulf immersa nell'acqua fredda, tanto più che il riscaldamento prodotto dalla condensazione del vapor d'acqua nell'acqua di calce esistente nella boccia aveva per effetto utile di favorire, insieme alla presenza di calce libera, la precipitazione del nascente carbonato calcico.

Ho anche voluto rendere l'esperimento più rigoroso, sostituendo al matraccio conico di vetro un recipiente di latta press'a poco della stessa forma e capacità, ma il risultato finale, come avevo facilmente preveduto, fu il medesimo.

Due poi sono le ragioni per cui nella boccia di Woulf introdussi acqua di calce bollita e filtrata ancor bollente. La prima è che in virtù del riscaldamento prodotto dalla condensazione del vapor d'acqua, l'acqua di calce saturata a bassa temperatura sarebbe diventata torbida per semplice separazione di calce libera, essendo questa molto più solubile a freddo che a 100°: la seconda è che l'acqua di calce, mal conservata nei recipienti o che per un motivo qualsiasi ha assorbito anidride carbonica a temperatura ordinaria, ossia a bassa temperatura, può tenere in soluzione quantità ragguardevoli di carbonato.

In tale proposito credo non inutile un cenno dei seguenti esperimenti.

Se a 100 cmc. di acqua di calce, satura a temperatura ordinaria e limpidissima, si aggiungono 2 cmc. di soluzione pure satura alla pressione atmosferica di anidride carbonica, si ha un intorbidamento lattiginoso che scompare subito per lieve agitazione. Dopo mezz'ora circa a 10° (temperatura del laboratorio) la soluzione comincia a farsi leggermente torbida e inclinando più tardi il recipiente per scoprirne il fondo e poterlo guardare per trasparenza, si vedono nel deposito minutissimi cristallini di carbonato. Il leggiero intorbidamento, che avviene dopo soli 30 minuti, si spiega considerando che i 2 cmc. della soluzione satura di acido carbonico corrispondono approssimativamente a g. 0,008 di carbonato di calcio in 100 cmc. di soluzione e quindi a g. 0,08 in 1 litro, cioè ad una quantità di carbonato molto superiore a quella della sua solubilità normale a bassa temperatura. Si rifletta che nella mescolanza delle due soluzioni la calce trovavasi in quantità molto superiore a quella che sarebbe stata sufficiente per formare carbonato neutro coll'acido carbonico in essa introdotto, e in ragione appunto di questa prevalenza è manifesto e certo che il carbonato si forma al momento stesso in cui le due soluzioni vengono a contatto, e se il primo intorbidamento lattiginoso scompare subito, è del pari evidente che esso non può essere prodotto da carbonato anidro, che si scioglie sempre nell'acqua con estrema lentezza, ma da carbonato idrato gelatinoso alquanto solubile e instabile, com'è e si conserva per un certo tempo gelatinoso il carbonato che si ottiene mescolando a bassa temperatura una soluzione di solfato o di cloruro di calcio con altra di carbonato sodico.

L'impiego, che feci in questo esperimento di acqua di calce satura a bassa temperatura, toglieva la possibilità e il vantaggio di utili confronti degli intorbidamenti alla temperatura dell'ebollizione, in quanto che, in causa della minore solubilità della calce a 100°,

l'intorbidamento sarebbe stato prodotto non solo da separazione di carbonato neutro, ma da quella ancora di calce libera.

In un successivo esperimento, operando alla temperatura del laboratorio (10°), sciolsi in 250 cmc. di acqua distillata, priva di acido carbonico, g. 0,086 di polvere finissima di selenite pura $CaSO_4 . 2\ H_2O$; e in altri 250 cmc., g. 0,053 di carbonato sodico anidro: quantità dei due sali che occorrono a generare g. 0,05 di carbonato di calcio. Mescolando insieme le due soluzioni non ebbi intorbidamento, nè deposito di cristallini nel fondo del recipiente anche dopo 2 ore (a 10°). Passate invece 24 ore, e travasando il liquido in altro recipiente, vidi su tutte le pareti del primo numerosi cristallini trasparenti di carbonato di calcio.

Se si ripete questo esperimento (a 10°) con soluzioni ridotte a metà di volume, ossia a 125 cmc. per ciascuna, mantenendo invariate le quantità di selenite e di carbonato sodico, la loro mescolanza a 10° intorbida dopo pochi minuti.

I precedenti esperimenti basterebbero a dimostrare che il carbonato di calcio, nascente nell'acqua a bassa temperatura in virtù di un'azione chimica, produce soluzioni soprassature, ma ho riserbato per ultima la prova più decisiva e convincente, operando in modo che nel mescolare due soluzioni fosse certa la formazione immediata di carbonato di calcio e che nella mescolanza non si formassero altri corpi all'infuori di questo sale, o dirò più chiaramente, in modo che nella soluzione finale non restasse eccesso di calce o eccesso di acido carbonico, nè altri corpi.

A questo fine feci bollire per alcuni minuti acqua di calce satura per ottenerla ad un tempo meno concentrata e priva di carbonato: filtrai il liquido torbido ancor bollente e raccolsi la soluzione filtrata limpidissima entro bottiglia fornita di buon tappo.

A 100 cmc. di questa soluzione, misurata a 10°, aggiunsi due gocce di acido solforico, e poscia la feci svaporare a bagno maria sino a secchezza entro piccola capsula di platino, e questa fu portata a poco a poco al calor rosso all'intento di scacciare dal residuo l'eccesso di acido solforico, di distruggere ogni traccia di sostanze organiche e di disidratara interamente il solfato di calcio. L'aumento di peso della capsula, dovuto al solfato anidro, mi fece conoscere con esattezza la quantità di ossido di calcio esistente in 100 cmc. della soluzione primitiva.

D'altra parte preparai una soluzione di acido carbonico e determinai la quantità di anidride contenuta in 100 cmc. precipitandola in forma di carbonato neutro mediante una soluzione fortemente ammoniacale ben preparata di cloruro di calcio, operando come si conviene.

Con queste ricerche potei stabilire che g. 0,056 di ossido di calcio erano contenuti in cmc. 92,7 della sua soluzione, e g. 0,044 di anidride in cmc. 28,6 di quella di acido carbonico: quantità di ossido e di anidride esattamente occorrenti a formare g. 0,1 di $CaCO_3$.

A cmc. 92,7 della soluzione di calce aggiunsi acqua distillata fredda (10°), ma bollita di recente, sino a portarne il volume a cmc. 500, e altrettanto feci coi cmc. 28,6 della soluzione di acido carbonico. Poscia versai le due soluzioni entro un unico matraccio di capacità un po' superiore ad 1 litro, che chiusi con tappo di gomma. La soluzione così ottenuta rimase sempre limpida, ma, dopo non meno di 4 ore di riposo inclinando il reci-

piente e guardando il fondo così scoperto per trasparenza, vidi su questo pochi e tenuissimi cristallini di carbonato di calcio. Dopo 24 ore di riposo (a 10°) i cristallini comparvero numerosi su tutte le pareti del matraccio e prevalentemente sul fondo. Allora filtrai e raccolsi entro largo tubo d'assaggio 50 cmc. della soluzione, a cui aggiunsi 2 cmc. di ammoniaca concentrata e g. 0,005 di carbonato sodico in polvere. Scaldando il tubo ebbi un forte intorbidamento, anche prima che la soluzione giungesse alla ebollizione. Operando nello stesso modo su 50 cmc. di una soluzione che conteneva in 1 litro g. 0,02 di $CaCO_3$, questa divenne torbida soltanto alla temperatura della ebollizione, ma molto lievemente in confronto della prima. È quindi provato che il carbonato di calce che nasce in una soluzione acquosa per azione chimica a bassa temperatura può formare, come il solfato di calcio, soluzioni soprassature, la stabilità delle quali dipende al solito dalla concentrazione della soluzione e dalla temperatura.

Dopo questa non breve digressione torno in argomento facendo riflettere che il fatto scoperto dal Le Chatelier porta senz'altro a concludere che *non è possibile ottenere una soluzione pura di carbonato di calcio tenendo sospeso a lungo la polvere di questo sale nell'acqua bollente, perchè la soluzione contiene sempre più o meno di calce libera,* soprattutto secondo la durata dell'ebollizione e la concentrazione della soluzione.

Ecco l'origine e la causa dell'errore in cui sono caduti l'Hofmann, il Fresenius, il Weltzien e il Pollacci, e delle discordanze nei loro dati sperimentali.

Credo che, ad eccezione del lavoro del Pollacci, tutti gli altri siano anteriori alle ricerche del Le Chatelier. Il nostro chimico italiano certamente le ignorava, e questa mia credenza è un'attenuante da cui era ed è tuttora difficile salvarsi in tanta febbre, vastità e varietà di pubblicazioni.

Accertata la dissociazione del carbonato nell'acqua bollente e considerando che la calce libera è base energica, alquanto solubile nell'acqua e molto avida di anidride carbonica, era facile prevedere che la sua dissociazione avesse un limite. Facendo uso dell'apparecchio precedentemente descritto, ho potuto stabilire, non dico esattamente ma con sufficiente approssimazione, che la dissociazione del carbonato è impedita, ossia che l'acqua di calce introdotta nella boccia di Woulf non intorbida, quando ad 1 litro di liquido del matraccio si aggiungono 15 cmc. di acqua di calce satura a temperatura ordinaria, i quali contengono all'incirca g. 0,019 di *CaO*.

Con altrettanta facilità si poteva pur prevedere che a questo limite di dissociazione non fosse soggetto il carbonato di magnesio, perchè l'idrato corrispondente è base debole quasi insolubile nell'acqua e che con molta difficoltà si combina coll'anidride carbonica. Facendo bollire per 5 ore entro matraccio, comunicante con apparecchio a ricadere, 500 cmc. di acqua che teneva in sospensione g. 0,5 di carbonato o idrocarbonato di magnesio precipitato, ho trovato che la sostanza rimasta indisciolta e raccolta su filtro non dava a contatto dell'acido cloridrico il minimo segno di effervescenza.

Ora viene in acconcio di considerare che il fatto scoperto dal Le Chatelier è sufficiente per affermare l'impossibilità di ottenere coll'acqua bollente una soluzione di solo carbonato di calcio, ma non basta a stabilire se nelle soluzioni, che si ottengono dopo prolungata ebollizione, prevale la calce libera o il carbonato.

Per giungere a questa dimostrazione ho eseguiti molti esperimenti, la descrizione dei quali riuscirebbe troppo lunga e senza reale vantaggio. Mi terrò quindi pago di far conoscere il più semplice e bastevole a poterne trarre conclusioni sicure.

In un matraccio conico avente la capacità di 3 litri introdussi 2500 cmc. di acqua distillata e non pochi grammi di carbonato di calcio puro ottenuto per precipitazione. Chiuso il matraccio con tappo portante un tubo di vetro piuttosto lungo che terminava superiormente in punta non troppo esile, portai e mantenni il liquido per 3 ore in viva e continua ebollizione, durante le quali 1 litro circa di acqua s'era dispersa in forma di vapore e 1500 cmc. erano rimasti nel matraccio.

Sospesa l'ebollizione, versai subito tutto il liquido torbido, ancor bollente, entro un grande filtro e della soluzione filtrata limpidissima ne ricevetti poco più di 500 cmc. in matraccino tarato da $^1/_2$ litro, e la rimanente in altro matraccio da 1 litro.

Non poteva sfuggire alla mia osservazione che nonostante il raffreddamento la soluzione filtrata, ben difesa dall'aria, si conservava *perfettamente limpida* e non dava deposito al fondo dei recipienti anche dopo 24 ore di riposo.

Ora, dai 500 cmc. di soluzione misurati a 15° e svaporati in sottile capsula di platino, dopo aver fatto passare in quella una corrente di anidride carbonica, ho ricavato g. 0,0348 di $CaCO_3$, e quindi da 1 litro g, 0,0696, ossia più del triplo di carbonato che si scioglie in 1 litro di acqua priva di $CO_2$ a 15° dopo agitazione di parecchi giorni. Ne viene di conseguenza che se tutta la sostanza che passò in soluzione in questo sperimento fosse stata carbonato di calce, la soluzione bollente, in seguito a raffreddamento e a riposo, avrebbe dato intorbidamento e deposito.

Della soluzione rimanente (1000 cmc. circa) ne ho messo 200 cmc. in ciascuno di due matracci conici forniti di tappo che distinguerò colle lettere *A* e *B*.

Alla soluzione del matraccio *A* aggiunsi 10 cmc. di ammoniaca concentrata preparata di recente e del tutto priva di carbonato, e portandola poscia e mantenendola per due o tre minuti a lenta ebollizione, essa rimase *limpida*, laddove operando nello stesso modo sopra 200 cmc. di una soluzione che conteneva in 1 litro g. 0,02 di carbonato di calcio ebbi intorbidamento naturalmente non forte, ma *ben manifesto*.

Per dimostrare meglio la sensibilità di questi intorbidamenti introdussi in matraccio da 1 litro, per levigazione accurata, g. 0,01 di carbonato di calcio finissimo; aggiunsi acqua distillata sino a portare il volume del liquido a 950 cmc. poi 50 cmc. di acqua che era stata saturata a freddo di anidride carbonica, e agitai spesso il recipiente ben chiuso a bassa temperatura per due giorni durante le ore di lavoro. L'aggiunta dei 50 cmc. di soluzione di acido carbonico fu fatta non solo per accelerare lo scioglimento del carbonato, ma per assicurare altresì la perfetta limpidezza della soluzione.

Di questa ne introdussi 200 cmc. in matraccio conico da 500 cmc., l'allungai con altri 200 cmc. di acqua distillata, poi aggiunsi 20 cmc. di ammonica concentrata e scaldai sino ad ebollizione. La soluzione, che conteneva g. 0,002 di carbonato, intorbidì *assai leggermente*, ma abbastanza sensibilmente a giudizio pure di persone competenti e non compiacenti che chiamai in aiuto per non essere ingannato dai miei occhi un po' influenzati da idee preconcette.

Potei invece con tutta coscienza e sicurezza far a meno di giudici, ripetendo lo stesso esperimento con 400 cmc. della medesima soluzione, non allungata con acqua e che contenevano perciò g. 0,004 di $CaCO_3$: l'intorbidamento fu ben manifesto, e dopo parecchie ore di riposo vidi distintamente nel fondo del recipiente un tenue velo di carbonato che non fu invece abbastanza appariscente nella prova precedente, ossia nella soluzione allungata con ugual volume di acqua. Il tenue velo di carbonato riesce ancor più distinto quando con sottile bacchettino di vetro si tracciano sul fondo del recipiente alcuni minutissimi solchi o linee la cui perfetta trasparenza fa risaltare subito il deposito circostante.

Si può quindi esser sicuri che una soluzione di solo carbonato di calcio è priva di questo sale o ne contiene meno di g. 0,01 per litro, se, eseguendo su di essa la prova precedente, rimane limpida.

A favorire gl'intorbidamenti per carbonato di calcio, in soluzioni prive di calce libera, oltre l'eccesso di ammoniaca, è giovevole la presenza di piccole quantità di carbonato di ammonio o di carbonato sodico, come per scoprirli senza incertezza è necessario operare su grande volume di soluzione.

Ai 200 cmc. della soluzione del secondo matraccio *B*, identica a quella che fu introdotta nel recipiente *A*, aggiunsi parimenti 10 cmc. di ammoniaca concentrata, più alcune gocce di soluzione di carbonato ammonico. In questo caso la soluzione intorbidiva lentamente anche a freddo, e all'ebollizione diede intorbidamento rapido e *forte*.

Dal primo esperimento venne in chiaro che, dopo 3 ore di ebollizione di 2500 cmc. di acqua in presenza di carbonato di calcio e con perdita di 1 litro circa di liquido per evaporazione, *la soluzione rimanente, filtrata ancor bollente, conteneva in 1 litro molto meno di g. 0,02 ed anche meno di g. 0,01 di carbonato di calcio.*

Il forte intorbidamento che ebbi nel secondo esperimento fatto sulla soluzione del recipiente *B* dimostrò con tutta certezza che *la sostanza che passa in soluzione tenendo sospeso a lungo il carbonato di calcio nell'acqua bollente è unicamente o quasi interamente calce libera*: la quale alla temperatura dell'ebollizione rimaneva disciolta in presenza di sola ammoniaca, laddove si separava in forma di carbonato in presenza di ammoniaca e di carbonato ammonico.

Questa seconda conclusione è ad un tempo naturale conseguenza e conferma validissima della dissociazione del carbonato osservata dal Le Chatelier.

Tralascio di riferire molti altri esperimenti, nei quali ho variato il modo (bagno-maria) e la durata del riscaldamento, non che accresciuta o impedita la concentrazione della soluzione, in quanto che l'esame chimico della soluzione finale ha condotto sempre e con sicurezza alle conclusioni sopra enunciate: conclusioni derivate da esperimenti che dànno ragione dell'errore in cui caddero i valentissimi chimici che si occuparono della solubilità del carbonato di calce nell'acqua bollente e spiegano inoltre le enormi discordanze dei loro dati sperimentali, perchè tutti non operarono certamente nelle medesime condizioni.

Ed in vero, si supponga di far bollire entro matraccio 3 litri di acqua con quantità forte di carbonato calcico e di mantenere, con debite aggiunte di acqua bollente, il volume del liquido costante sino al limite in cui la dissociazione del sale si arresta. Secondo le

mie ricerche questo limite è approssimativamente raggiunto quando 1 litro di acqua contiene g. 0,02 circa di calce libera *CaO*. Allora se si facesse svaporare la soluzione sino a ridurre il suo volume ad un terzo, il litro che resterebbe della soluzione finale conterrebbe g. 0,06 di *CaO* corrispondente a g. 0,107 di $CaCO_3$: numero che si avvicina al dato del Fresenius sulla supposta solubilità di questo sale a 100°. Ma è pur manifesto che aumentando molto la quantità dell'acqua, la durata del riscaldamento e la concentrazione della soluzione si potrebbero avere dei dati anche più elevati di quello trovato dal Pollacci, cioè di g. 0,143 di $CaCO_3$ per litro.

Però, se in causa della sua dissociazioae non è possibile determinare la solubilità del solo carbonato di calcio nell'acqua bollente, ho pensato che si sarebbe potuto determinarne il limite in modo non rigoroso, ma abbastanza convincente, aggiungendo all'acqua una piccola quantità di un corpo atto ad impedire la dissociazione del carbonato a 100° senza alterare ad un tempo sensibilmente, sia per sua natura che per la sua piccola massa, la solubilità del sale.

La sostanza acconcia a questo fine è appunto il carbonato di sodio.

Se entro matracclo si fa bollire per 30 minuti 1 grammo di carbonato di calcio precipitato con 200 cmc. di acqua, a cui siasi aggiunto g. 0,01 di carbonato sodico anidro, mantenendo il volume del liquido costante con piccole e frequenti aggiunte dì acqua bollente e poi si filtra, la soluzione che si ottiene a 100° non intorbida affatto per aggiunta di alcune gocce di soluzione di ossalato di ammonio.

Così raccogliendo sopra un unico filtro del carbonato di calcio precipitato di recente e lavandolo successivamente prima con acqua fredda, poi con acqua bollente e infine con acqua bollente contenente in 1 litro g. 0,05 di carbonato sodico anidro; ricevendo separatamente entro tre matracci 200 cmc. di ognuna delle soluzioni filtrate, aggiungendo a ciascuna di esse alcune gocce di soluzione di ossalato ammonico e portandole tutte all'ebollizione, accade che nel primo caso si ha, com'è noto, un lieve intorbidamento; nel secondo l'intorbidamento è un po' maggiore quantunque il liquido bollente, attraversando lo stesso strato di carbonato, passi più rapidamente dell'acqua fredda; nel terzo caso la soluzione rimane limpida. Ma nel primo caso l'intorbidamento è dovuto alla presenza di piccole quantità di carbonato disciolto; nel secondo, almeno prevalentemente, alla dissociazione di questo sale, la quale nel terzo caso è impedita dalla presenza del carbonato sodico, talchè la soluzione resta limpida in ragione della completa o quasi completa insolubilità del carbonato a 100°, come dirò meglio appresso.

Dopo queste prove preliminari ho eseguito il seguente esperimento.

In un matraccio conico da 2500 cmc. introdussi 2000 cmc. di acqua distillata, parecchi grammi di carbonato di calcio precipitato purissimo e g. 0,1 di carbonato sodico anidro, ossia g. 0,05 per litro di acqua. Poscia feci bollire sostituendo di frequente con acqua bollente il liquido che passava in vapore a fine di mantenere il suo volume press'a poco costante. Dopo 2 ore e 30′ di ebollizione filtrai e raccolsi 1 litro della soluzione limpida ed ancora bollente entro matraccio tarato, in cui fu poi misurata a 15°. Questa soluzione acidificata con poche gocce di acido cloridrico, fu svaporata a bagno-maria sino a secchezza entro

grande capsula di platino. Il piccolo residuo fu sciolto in pochi centimetri cubici di acqua e alla soluzione, versata in bicchierino da precipitato insieme all'acqua di lavaggio e quasi bollente, aggiunsi alcune gocce di soluzione di ossalato di ammonio. Dall'ossalato di calcio precipitato ricavai g. 0,0046 di carbonato di calcio, ossia poco più di un quinto del carbonato che forma soluzione satura con 1 litro di acqua a 15°, ed ho anche il dubbio che questo dato sia superiore al vero.

In ogni modo, considerando che in questo esperimento il carbonato sodico non può avere azione chimica sul carbonato di calcio, nè alterare sensibilmente la solubilità di questa in ragione della sua piccola quantità a confronto della massa tanto maggiore del solvente (1 parte in peso di $Na_2CO_3$ e 20000 di acqua), credo di non errare pensando che il *carbonato di calcio, qualora non fosse dissociabile a caldo, sarebbe insolubile nell'acqua bollente o molto meno solubile che nell' acqua fredda.*

Con ciò si spiega perchè introducendo a temperatura ordinaria g. 0,01 di carbonato sodico in 200 cmc. di soluzione priva di $CO_2$ e contenente in 1 litro g. 0,02 di carbonato di calcio, questa resta limpida, laddove, scaldandola a 100°, il carbonato di calcio, disciolto certamente in forma di idrato instabile, passa allo stato anidro e tutto o la maggior parte di esso precipita e intorbida la soluzione.

Gli stessi effetti, ossia limpidezza a freddo e intorbidamento a 100°, si hanno aggiungendo a 200 cmc. della medesima soluzione di carbonato, priva di $CO_2$, 10 cmc. ed anche meno di acqua di calce pura, la quale similmente al carbonato sodico impedisce a 100° la dissociazione del carbonato calcico e molto probabilmente, come l'ammoniaca, ne diminuisce a questa temperatura la solubilità.

Io porto opinione che la conoscenza di tutti i fatti messi in rilievo in questa mia nota sia necessaria al chimico analizzatore non meno che al tecnico, ad esempio nello studio e spiegazione dei fenomeni che avvengono nelle acque naturali non corrette impiegate nella alimentazione dei generatori a vapore, nei quali senza dubbio si avrà la decomposizione o dissociazione almeno parziale del carbonato di calcio e quella ancor più facile del carbonato di magnesio, a meno che l'acqua insieme ai bicarbonati terrosi contenga quantità notevoli e insolite di bicarbonati alcalini. È bensì vero che nelle caldaie a vapore interviene una particolare condizione, che è la pressione molto superiore a quella dell'atmosfera, ma è altrettanto vero che col crescere della tensione del vapore si eleva la temperatura. La dissociazione del carbonato di calcio, che nel maggior numero delle acque naturali comuni è il costituente predominante, recherà nel liquido della caldaia un lieve grado di alcalinità favorevole alla conservazione del ferro che trovasi a contatto continuo coll'acqua di alimentazione del generatore. Nel tempo stesso la calce resa libera per la dissociazione del carbonato reagirà coi sali di magnesio e in particolare sul più nocivo alle pareti delle caldaie, cioè sul cloruro, generando cloruro di calcio stabile e idrato di magnesio quasi insolubile e inerte. I quali fenomeni, ben conosciuta che sia la composizione dell'acqua impiegata in un generatore, possono fornire altresì buoni argomenti per interpretare e spiegare la natura e la composizione delle incostrazioni.

D'altra parte la dissociazione del carbonato di calcio e quella ancor più facile del carbonato di magnesio nelle acque non corrette sono accompagnate da svolgimento, sia pur lieve, di anidride carbonica, la quale, mescolandosi all'anidride e all'ossigeno liberi apportati dall'acqua di alimentazione, contribuirà in certa misura a facilitare l'ossidazione del ferro in quelle parti delle pareti del generatore che non restano costantemente coperte dal liquido.

I fatti rilevati nella presente nota confermano pure che, nella correzione delle acque per caldaie a vapore mediante la calce e il carbonato sodico, il maggior effetto rispetto all'impedimento dei depositi può essere raggiunto soltanto quando, oltre il razionale e rigoroso impiego di questi reattivi, si faccia intervenire un lieve eccesso di carbonato alcalino nella misura bastevole ad impedire la dissociazione del carbonato calcico, non che il riscaldamento e il riposo prima che l'acqua corretta entri in caldaia. La correzione a freddo è ad un tempo lentissima e incompleta.

Dirò infine che nella determinazione della calce precipitata in forma di carbonato si può risparmiare molto tempo senza scapito di esattezza lavando il carbonato raccolto su filtro con acqua bollente che contenga g. 0,05 di carbonato sodico anidro per litro. Fatti i debiti lavacri, si comprime il filtro fra carta sciugante, poi si stende sul fondo di una piccola vaschetta di vetro, in cui si fa cadere da una buretta graduata della soluzione titolata di acido cloridrico sino a che il carbonato è interamente disciolto: alla soluzione si aggiungono alcune gocce di aranciometile e con altra soluzione titolata di idrossido di sodio si trova la quantità dell'acido neutralizzata dal carbonato. Così operando si risparmia il tempo necessario per seccare il carbonato in stufa a 100°, per staccarlo dal filtro, per bruciare questo a parte e per altre operazioni ben note.

L'errore che si commette è trascurabile. Si supponga che nel carbonato di calcio compresso fra carta sciugante rimangano 2 cmc. della soluzione di carbonato sodico: questi corrispondono ad un'alcalinità in carbonato alcalino di g. 0,0001: errore ben piccolo e forse compensato dalla tenuissima perdita di carbonato di calcio causata dai lavacri.

Lo stesso risparmio di tempo non si avrebbe lavando sul filtro il carbonato di calcio con acqua bollente contenente il 5 % in volume di ammoniaca concentrata, perchè il sale dovrebbe essere seccato in stufa per scacciare ogni traccia di ammoniaca prima di scioglierlo in soluzione titolata di acido cloridrico.

Riassumo brevemente fatti, conclusioni e osservazioni.

1°. Confermato che nell'acqua bollente il carbonato di calcio molto lentamente si dissocia perdendo anidride carbonica.

2°. In causa di questa dissociazione non è possibile ottenere una soluzione di solo carbonato di calcio nell'acqua bollente.

3°. Questa dissociazione ha un limite ed è impedita quando il carbonato di calcio sta sospeso in acqua bollente, ad 1 litro della quale siasi aggiunto 15 cmc. circa di soluzione di calce satura a temperatura ordinaria.

4°. Questo limite alla temperatura dell'ebollizione non esiste per il carbonato di magnesio, perchè la magnesia è base debole, quasi insolubile nell'acqua e poco avida di anidride carbonica, laddove la calce è base forte, alquanto solubile e avidissima di $CO_2$.

5°. Dopo lunga ebollizione del carbonato di calcio nell'acqua, il corpo che passa in soluzione è interamente o quasi interamente calce libera.

6°. La quantità di calce libera che passa nell'acqua bollente che tiene in sospensione molto di carbonato dipende principalmente dal volume del liquido, dalla durata del riscaldamento e dalla concentrazione della soluzione.

7°. Piccole quantità di carbonato sodico, g. 0,05 per litro di acqua, bastano per impedire alla temperatura dell'ebollizione la dissociazione e completamente o quasi completamente la solubilità del carbonato di calcio, tanto che il liquido filtrato bollente resta limpido dopo aggiunta di ossalato di ammonio.

8°. Il carbonato di calcio, che nasce in soluzione acquosa per azione chimica che avvenga a bassa temperatura, forma soluzioni soprassature, anche in presenza di calce libera, la stabilità delle quali, come quella di altri sali, dipende principalmente dalla concentrazione e dalla temperatura.

9°. La conoscenza di questi fatti ha interesse teorico per quanto riguarda la condizione di solubilità dei sali nell'acqua e interesse pratico nell'analisi chimica e nello studio di particolari quesiti di chimica tecnica.

# Sui triangoli formati da tre geodetiche sull' Ellissoide terrestre


NOTA

DEL

Prof. FEDERIGO GUARDUCCI



letta nella Sessione dell' 11 Febbraio 1917


Ritengo non privo d' interesse esporre un metodo che, per quanto mi risulta, non è stato ancora dato, per dimostrare che i triangoli formati da tre geodetiche sull' Ellissoide terrestre si possono riguardare, quando siano trascurabili le quarte potenze di rapporti fra i lati ed uno qualunque dei raggi di curvatura dell' Ellissoide stesso, come tracciati sopra una sfera di raggio $\sqrt{\rho N}$, (essendo $\rho$ ed $N$ i raggi di curvatura principali in uno qualunque dei vertici) e risolverli perciò applicando il notissimo Teorema di Legendre.

Le dimostrazioni che si hanno in proposito (fra le quali una di Gauss (*) che risulta indirettamente da altre considerazioni), non sono tanto semplici o, almeno, richiamano teorie che non sempre vengono svolte nei corsi universitari. — La presente dimostrazione invece, svincolata da dette teorie, risulta con molta semplicità dai noti sviluppi di Weingarten i quali, per la loro importanza, non vengono in generale omessi nell' insegnamento della geodesia.

Questi sviluppi ci dànno, come è noto, in funzione delle coordinate geodetiche polari, le coordinate cartesiane di un punto dell' Ellissoide terrestre riferite ad un sistema di assi aventi l'origine in un punto dell'ellissoide stesso, l'asse della $z$ normale alla superficie e colla direzione positiva rivolta verso l' interno di questa, e gli assi delle $x$ e delle $y$ secondo le tangenti principali, e sono le seguenti :

$$x = s\cos\alpha - \frac{s^3}{6\rho R_\alpha}\cos\alpha - \frac{s^4}{48 N R_\alpha}\cdot\delta\,\mathrm{sen}\,2L\left[\frac{9\cos^2\alpha}{\rho} + \frac{\mathrm{sen}^2\alpha}{N}\right] + \cdots$$

$$y = s\,\mathrm{sen}\,\alpha - \frac{s^3}{6 N R_\alpha} - \frac{s^4}{6 N^2 R_\alpha}\cdot\delta\,\mathrm{sen}\,2L\,\mathrm{sen}\,\alpha\cos\alpha + \cdots$$

$$z = \frac{s^2}{2R_\alpha} - \frac{s^3}{4 N R_\alpha}\cdot\delta\,\mathrm{sen}\,2L\cos\alpha + \cdots$$

(*) Cf. *Disquisitiones generales circa superficias curvas.*

ove $s$ ed $\alpha$ sono respettivamente l'arco di geodetica che unisce l'origine (nel nostro caso uno dei vertici del triangolo ellissoidico) ad un altro punto (altro vertice del triangolo), $\alpha$ l'orientamento di questo arco rispetto ad una delle tangenti principali, $\rho$, $N$ ed $R_\alpha$ respettivamente i raggi di curvalura delle sezioni normali secondo il meridiano, secondo il primo verticale e secondo la direzione $\alpha$, $L$ la latitudine dell'origine delle coordinate e $\delta$ la costante

$$\frac{e^2}{1-e^2} = 0.006719\ldots$$

($e$ essendo l'eccentricità dell'ellissoide terrestre), il cui quadrato si riguarda anch'esso come piccola quantità del 1° ordine.

Ricordando che si ha

$$\frac{1}{R_\alpha} = \frac{1}{N}(1+\delta\cos^2 L\cos^2\alpha) = \frac{1}{\rho}(1-\delta\cos^2 L\operatorname{sen}^2\alpha+\cdot\cdot) = \frac{1}{\sqrt{\rho N}}\left(1+\frac{\delta}{2}\cos^2 L\cos 2\alpha+\cdot\cdot\right)$$

ed esprimendo negli sviluppi precedenti $\rho$, $N$ ed $R_\alpha$ per $\sqrt{\rho N}$, essi divengono

$$x = s\cos\alpha - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^2}}\cos\alpha - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^2}}\cdot\delta\cos^2 L\cos^2\alpha - \frac{s^4}{48\sqrt{\rho N^3}}\cdot\delta\operatorname{sen}2L\left[9\cos^2\alpha+\operatorname{sen}^2\alpha\right]+\cdot\cdot$$

$$y = s\operatorname{sen}\alpha - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^2}}\operatorname{sen}\alpha + \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^2}}\cdot\delta\cos^2 L\operatorname{sen}^2\alpha - \frac{s^4}{6\sqrt{\rho N^3}}\cdot\delta\operatorname{sen}2L\operatorname{sen}\alpha\cos\alpha+\cdot\cdot$$

$$z = \frac{s^2}{2\sqrt{\rho N}} + \frac{s^2}{4\sqrt{\rho N}}\cdot\delta\cos^2 L\cos 2\alpha - \frac{s^3}{4\sqrt{\rho N^2}}\cdot\delta\operatorname{sen}2L\cos\alpha+\cdots$$

Moltiplicando e dividendo i secondi membri di queste espressioni per $\sqrt{\rho N}$ e mantenendo i soli termini di 3° ordine, esse si riducono alle

$$x = \sqrt{\rho N}\cos\alpha\left[\frac{s}{\sqrt{\rho N}} - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^3}}+\cdot\cdot\right]$$

$$y = \sqrt{\rho N}\operatorname{sen}\alpha\left[\frac{s}{\sqrt{\rho N}} - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^3}}+\cdot\cdot\right]$$

$$z = \sqrt{\rho N}\left[\frac{s^2}{2\sqrt{\rho N^2}} + \frac{s^2}{4\sqrt{\rho N^2}}\cdot\delta\cos^2 L\cos 2\alpha+\cdot\cdot\right]$$

e osservando che, colla approssimazione del 5° ordine si ha

$$\frac{s}{\sqrt{\rho N}} - \frac{s^3}{6\sqrt{\rho N^3}} = \operatorname{sen}\frac{s}{\sqrt{\rho N}}$$

e coll'approssimazione del 4°

$$\frac{s^2}{2\sqrt{\rho N^2}} = 1-\cos\frac{s}{\sqrt{\rho N}} = 2\operatorname{sen}^2\frac{s}{2\sqrt{\rho N}}$$

e osservando che nel secondo termine di $z$ si può porre $\operatorname{sen}^2 \frac{s}{2\sqrt{\rho N}}$ in luogo di $\frac{s^2}{4\sqrt{\rho N^2}}$, le precedenti si semplificano ancora e divengono

$$(1)\qquad \begin{cases} x = \sqrt{\rho N}\cos\alpha \operatorname{sen} \dfrac{s}{\sqrt{\rho N}} \\ y = \sqrt{\rho N}\operatorname{sen}\alpha \cdot \operatorname{sen} \dfrac{s}{\sqrt{\rho N}} \\ z = 2\sqrt{\rho N}\operatorname{sen}^2 \dfrac{s}{2\sqrt{\rho N}}\left[1 + \dfrac{\delta}{2}\cos^2 L\cos 2\alpha + \cdot\cdot\right] \end{cases}$$

Facendo i quadrati di queste espressioni, sommando e indicando con $k$ la corda dell'arco $s$, si avrà:

$$x^2 + y^2 + z^2 = k^2 = \rho N\left[\operatorname{sen}^2 \frac{s}{\sqrt{\rho N}} + 4\operatorname{sen}^4 \frac{s}{2\sqrt{\rho N}} + 4\delta\operatorname{sen}^4 \frac{s}{2\sqrt{\rho N}} + \right.$$
$$\left. + 4\delta\operatorname{sen}^4 \frac{s}{2\sqrt{\rho N}}\cos^2 L\cos 2\alpha + \cdot\cdot\right]$$

e, coll' approssimazione considerata,

$$k^2 = 4\rho N\operatorname{sen}^2 \frac{s}{2\sqrt{\rho N}}$$

da cui

$$k = 2\sqrt{\rho N}\operatorname{sen} \frac{s}{2\sqrt{\rho N}}$$

la quale esprime la lunghezza della corda sottesa da un'arco $s$ sopra una circonferenza di raggio $\sqrt{\rho N}$, e ci dice che sopra una medesima corda $k$, insistono archi uguali di una circonferenza di raggio $\sqrt{\rho N}$ e di geodetica sull'Ellissoide facente capo ad un punto nel quale i raggi di curvatura principali sono $\rho$ ed $N$.

Per altre geodetiche partenti da un altro punto in cui i raggi di curvatura principali fossero $\rho_1$ ed $N_1$ le conclusioni sarebbero identiche e solo varierebbe il raggio della sfera; ma poichè per distanze fra questi punti dell'ordine di grandezza dei lati di tali triangoli geodetici i detti raggi differiscono fra loro di quantità del 1° ordine, così le dette conclusioni si potranno ritenere valide per ognuno dei tre vertici e, conseguentemente anche per un punto interno qualunque del triangolo.

Per vedere che la sostituibilità del triangolo sferico a quello ellissoidico ha luogo anche riguardo agli angoli, riprendiamo le (1) e applichiamole ad un altro punto di coordinate $x_1\ y_1\ z_1$, le cui coordinate geodetiche polari siano $s_1$ ed $\alpha_1$; avremo così analogamente:

$$(2)\qquad \begin{cases} x_1 = \sqrt{\rho N}\cos\alpha_1 \operatorname{sen} \dfrac{s_1}{\sqrt{\rho N}} \\ y_1 = \sqrt{\rho N}\operatorname{sen}\alpha_1 \operatorname{sen} \dfrac{s_1}{\sqrt{\rho N}} \\ z_1 = 2\sqrt{\rho N}\operatorname{sen}^2 \dfrac{s_1}{2\sqrt{\rho N}}\left[1 + \dfrac{\delta}{2}\cos^2 L\cos 2\alpha_1 + \cdot\right] \end{cases}$$

Formando con queste e colle (1) il coseno dell'angolo $V$ delle corde $k$ e $k_1$, ossia l'espressione

$$\cos V = \frac{xx_1 + yy_1 + zz_1}{kk_1}$$

troviamo, mantenendo la solita approssimazione,

$$\cos V = \frac{\rho N}{kk_1}\left\{\operatorname{sen}\frac{s}{\sqrt{\rho N}}\cdot\operatorname{sen}\frac{s_1}{\sqrt{\rho\cdot N}}\cos(\alpha-\alpha_1) + 4\operatorname{sen}^2\frac{s}{2\sqrt{\rho N}}\operatorname{sen}^2\frac{s_1}{2\sqrt{\rho N}} + \cdot\right\}$$

e, in modo analogo, sopra una sfera di raggio $\sqrt{\rho N}$ e per due archi $s$ ed $s_1$ uguali ai precedenti ed orientati secondo angoli $\beta$ e $\beta_1$, sparirebbe il termine in $\delta$ nelle (1) e (2) e si otterrebbe analogamente

$$\cos V_1 = \frac{\rho N}{kk_1}\left\{\operatorname{sen}\frac{s}{\sqrt{\rho N}}\operatorname{sen}\frac{s_1}{\sqrt{\rho N}}\cos(\beta-\beta_1) + 4\operatorname{sen}^2\frac{s}{2\sqrt{\rho N}}\operatorname{sen}^2\frac{s_1}{2\sqrt{\rho N}} + \cdot\right\}$$

e poichè i triangoli delle corde sono uguali sull'Ellissoide e sulla sfera, così sarà anche $V = V_1$ e conseguentemente

$$\alpha - \alpha_1 = \beta - \beta_1$$

ossia i due angoli corrispondenti dei triangoli ellissoidico e sferico saranno, nella approssimazione ai termini del 4°, line, uguali fra loro.

*Bologna, 2 Febbraio 1917.*

# I teoremi del gradiente, della divergenza, della rotazione sopra una superficie e loro applicazione ai potenziali.

MEMORIA

DEL

**Prof. PIETRO BURGATTI**

letta nella Sessione del 14 Gennaio 1917.

I teoremi fondamentali del gradiente, della divergenza e della rotazione, espressi nello spazio ordinario dalle note formule

$$(0)\quad \int_S \mathrm{grad}\varphi\, ds = -\int_\sigma \varphi \mathbf{n}\, d\sigma,\quad \int_S \mathrm{div}\mathbf{u}\, ds = -\int_\sigma \mathbf{u}\times\mathbf{n}\, d\sigma,\quad \int_S \mathrm{rot}\mathbf{u}\, ds = -\int_\sigma \mathbf{u}\wedge\mathbf{n}\, d\sigma,$$

ove i simboli hanno significato manifesto, valgono bensì nella medesima forma — *mutatis mutandis* — per le aree piane, ma non per le superficie curve limitate da un contorno. Il Beltrami, nelle sue classiche ricerche concernenti la variabile complessa sopra una superficie, trovò alcune formule di trasformazione per gl' integrali di superficie che fanno riscontro a quelle dello spazio; ma, ingombrate come sono di elementi introdottisi per l'impiego non necessario delle coordinate curvilinee, e limitate a speciali enti analitici, non si presentano in quella forma esplicita e generale atta a rivelarne la natura e l'intero campo delle loro applicazioni. A colmare questa lacuna provvedono le formule (10) (11) (11′) (12) di questa Nota; le quali sono state dedotte con mezzo facile e rapido dalle (0) relative allo spazio, previa introduzione di operatori superficiali analoghi agli operatori spaziali grad, div, rot.

Fra le applicazioni più interessanti per la fisica matematica delle accennate formule ho scelto quella stessa che fece il Beltrami nello studio sulle discontinuità dei potenziali; studio ripreso e completato recentemente dal Somigliana (*). Il lettore vedrà quanta maggior speditezza e rigore acquisti cotesta ricerca per se stessa complessa e delicata, e si renderà conto dell'origine di certi enti geometrici che figurano nei risultati.

(*) Beltrami « Intorno ad alcuni nuovi teoremi del Sig. C. Neumann..... » opere complete Tomo III.

Somigliana « Sulle derivate seconde della funzione potenziale di superficie e di doppio strato » R. Acc. Torino 1916.

1. - Indicheremo con $\vec{\varphi}$, $\mathbf{u}$, $\alpha$ rispettivamente uno scalare, un vettore e una omografia vettoriale funzioni dei punti $M$ d'uno spazio $S$, nel quale è tracciata una superficie $\sigma$ limitata dal contorno $s$; poi, con $P$ i punti di $\sigma$, con $\mathbf{n}$ un vettore unitario (funzione di $P$) parallelo alla normale in $P$ a $\sigma$, che supporremo determinato in ogni punto e variabile con continuità.

Chiameremo *gradiente superficiale di* $\vec{\varphi}$ (*), e lo indicheremo con $\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi}$, il vettore definito nei punti di $\sigma$ da

$$\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi} = \mathrm{grad}\vec{\varphi} - (\mathbf{n} \times \mathrm{grad}\vec{\varphi})\,\mathbf{n}, \tag{1}$$

essendo $\mathrm{grad}\vec{\varphi}$ il solito gradiente spaziale. È nient'altro che la proiezione di $\mathrm{grad}\vec{\varphi}$ sul piano tangente nel generico punto $P$. Risulta subito, per ogni spostamento $dP$ nel pian tangente,

$$\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi} \times dP = d\vec{\varphi}\,;$$

ed è pur manifesta la formula

$$\mathrm{grad}_\sigma(\vec{\varphi}\cdot\psi) = \vec{\varphi}\,\mathrm{grad}_\sigma\psi + \psi\,\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi}\,. \tag{1'}$$

Più generalmente *il gradiente superficiale dell'omografia* $\alpha$ sarà definito su $\sigma$ dalla formula

$$\mathrm{grad}_\sigma\alpha = \mathrm{grad}\alpha - \left(\frac{d\alpha}{dP}\mathbf{n}\right)\mathbf{n}\,. \tag{1''}$$

Inoltre chiameremo *divergenza superficiale di* $\mathbf{u}$, e la indicheremo con $\mathrm{div}_\sigma\mathbf{u}$, la grandezza scalare definita da

$$\mathrm{div}_\sigma\mathbf{u} = \mathrm{div}\mathbf{u} - \left(\frac{d\mathbf{u}}{dP}\mathbf{n}\right) \times \mathbf{n}\ (^\circ)\,. \tag{2}$$

Essendo $\mathbf{a}$ un vettor costante, dalla (1) si trae per note formule

$$\begin{aligned}\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi} \times \mathbf{a} &= \mathrm{grad}\vec{\varphi} \times \mathbf{a} - (\mathbf{n} \times \mathrm{grad}\vec{\varphi})\,(\mathbf{a} \times \mathbf{n}) \\ &= \mathrm{div}\cdot(\vec{\varphi}\mathbf{a}) - \left(\frac{d\vec{\varphi}\mathbf{a}}{dP}\mathbf{n}\right) \times \mathbf{n};\end{aligned}$$

per conseguenza

$$\mathrm{grad}_\sigma\vec{\varphi} \times \mathbf{a} = \mathrm{div}_\sigma(\mathbf{a}\vec{\varphi})\,; \tag{3}$$

cioè vale per questi operatori superficiali la corrispondente proprietà valida per gli operatori spaziali.

---

(*) Fu già introdotto da Burali-Forti « Fondamenti per la geometria differenziale.... » Rend. Cir. Mat. Palermo, Tomo XXXIII, 1912. — (°) Con questi operatori si esprimono i parametri differenziali del Beltrami. Risulta

$$\Delta_1\varphi = (\mathrm{grad}_\sigma\varphi)^2 \qquad \Delta_1(\varphi,\psi) = \mathrm{grad}_\sigma\varphi \times \mathrm{grad}_\sigma\psi\,, \qquad \Delta_2\varphi = \mathrm{div}_\sigma\mathrm{grad}_\sigma\varphi\,.$$

Più generalmente, ponendo nella (2) $\mathbf{u} = K\alpha\mathbf{a}$, e applicando note formule, si deduce

$$\operatorname{div}_\sigma K\alpha\mathbf{a} = \operatorname{div} K\alpha\mathbf{a} - \left(\frac{dK\alpha\mathbf{a}}{dP}\mathbf{n}\right) \times \mathbf{n}$$

$$= \operatorname{grad}\alpha \times \mathbf{a} - \left(\frac{d\alpha}{dP}\mathbf{n}\right) \mathbf{n} \times \mathbf{a} ;$$

e quindi

$$\operatorname{div}_\sigma K\alpha\mathbf{a} = \operatorname{grad}_\sigma \alpha \times \mathbf{a} . \tag{4}$$

È pur facile verificare che sussiste la formula (come per gli analoghi operatori spaziali)

$$\operatorname{div}_\sigma(\vec{\varphi}\mathbf{u}) = \vec{\varphi}\operatorname{div}_\sigma\mathbf{u} + \operatorname{grad}_\sigma\vec{\varphi} \times \mathbf{u} . \tag{5}$$

Infine definiremo *la rotazione superficiale di* $\mathbf{u}$ mediante la formula

$$\operatorname{rot}_\sigma\mathbf{u} = \operatorname{rot}\mathbf{u} - \mathbf{n} \wedge \frac{d\mathbf{u}}{dP}\mathbf{n} . \tag{6}$$

Essendo

$$\operatorname{rot}\mathbf{u} \times \mathbf{a} = \operatorname{div}(\mathbf{a} \wedge \mathbf{u}) = \operatorname{div}_\sigma(\mathbf{a} \wedge \mathbf{u}) - \left(\frac{d(\mathbf{a} \wedge \mathbf{u})}{dP}\mathbf{n}\right) \times \mathbf{n}$$

$$= \operatorname{div}_\sigma(\mathbf{a} \wedge \mathbf{u}) - \mathbf{a} \wedge \frac{d\mathbf{u}}{dP}\mathbf{n} \times \mathbf{n} ,$$

si deduce, anche per gli operatori superficiali, la relazione

$$\operatorname{rot}_\sigma\mathbf{u} \times \mathbf{a} = \operatorname{div}_\sigma(\mathbf{a} \wedge \mathbf{u}) . \tag{7}$$

Per gli scopi di questa Nota bastano queste poche definizioni e formule.

Avvertiamo che $\dfrac{d\mathbf{n}}{dP}$ è una omografia funzione dei punti $P$ di $\sigma$ e che

$$\frac{d\mathbf{n}}{dP}\mathbf{n} = K\frac{d\mathbf{n}}{dP}\mathbf{n} = 0 .$$

Perciò dalla (2) si trae

$$\operatorname{div}_\sigma\mathbf{n} = \operatorname{div}\mathbf{n} ;$$

e questa grandezza non è altro che la curvatura media della superficie (*). Inoltre è da notare che quando $\vec{\varphi}$ e $\mathbf{u}$ son definiti soltanto nei punti di $\sigma$, $\operatorname{grad}\vec{\varphi} \times \mathbf{n}$ e $\dfrac{d\mathbf{u}}{dP}\mathbf{n}$

---

(*) In coordinate cartesiane, detti $X$, $Y$, $Z$ i coseni di direzione di $\mathbf{n}$, si ha manifestamente

$$\operatorname{div}\mathbf{n} = \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} ,$$

che è appunto la nota espressione della curvatura media.

devono ritenersi nulli, rappresentando le derivate di $\vec{\varphi}$ e $\mathbf{u}$ nella direzione della normale; e però in tal caso si avrà

$$\mathrm{grad}_\sigma \vec{\varphi} = \mathrm{grad}\vec{\varphi}\,, \quad \mathrm{div}_\sigma \mathbf{u} = \mathrm{div}\mathbf{u}\,, \quad \mathrm{rot}_\sigma \mathbf{u} = \mathrm{rot}\mathbf{u}\,.$$

2. - A partire da $\sigma$ prendiamo sulle direzioni positive delle normali un piccolissimo segmentino $\varepsilon$. Il luogo dei punti

$$P_1 = P + \varepsilon \mathbf{n} \tag{8}$$

è una superficie $\sigma_1$ parallela a $\sigma$. Noi considereremo lo spazio lamellare $S$ compreso fra $\sigma$, $\sigma_1$ e la superficie laterale $\Omega$ luogo delle normali estreme tirate pei punti del contorno $s$.

Essendo per la (8)

$$dP_1 = dP + \varepsilon \frac{d\mathbf{n}}{dP} dP, \quad \delta P_1 = \delta P + \varepsilon \frac{d\mathbf{n}}{dP} \delta P,$$

si deduce (trascurando i termini in $\varepsilon^2$)

$$\mathrm{mod}\,(dP_1 \wedge \delta P_1) = \mathrm{mod}\left[dP \wedge \delta P + \varepsilon \left(\frac{d\mathbf{n}}{dP} dP \wedge \delta P - \frac{d\mathbf{n}}{dP} \delta P \wedge dP\right)\right]$$

$$= \mathrm{mod}\left[1 + \varepsilon \left(\mathrm{div}\mathbf{n} - K \frac{d\mathbf{n}}{dP}\right)\right] (dP \wedge \delta P) \quad (*).$$

Ma, detti $d\sigma$ e $d\sigma_1$ due elementi areali corrispondenti delle superficie $\sigma$ e $\sigma_1$ si ha

$$dP \wedge \delta P = d\sigma \cdot \mathbf{n} \quad dP_1 \wedge \delta P_1 = d\sigma_1 \cdot \mathbf{n} \quad K \frac{d\mathbf{n}}{dP} \mathbf{n} = 0\,;$$

perciò risulta

$$d\sigma_1 = (1 + \varepsilon\, \mathrm{div}\,\mathbf{n})\, d\sigma\,. \tag{9}$$

Ciò posto, se $\mathbf{u}$ è un vettore funzione monodroma, finita e continua dei punti dello spazio lamellare di sopra definito ed ammette divergenza, si ha per un noto teorema (vedi le (0))

$$\int_S \mathrm{div}\mathbf{u}\, dS = -\int_\sigma \mathbf{u}_\sigma \times \mathbf{n}\, d\sigma + \int_{\sigma_1} \mathbf{u}_{\sigma_1} \times \mathbf{n}\, d\sigma_1 - \int_\Omega \mathbf{u} \times \mathbf{v}\, d\Omega$$

essendo $\mathbf{v}$ un vettore unitario che definisce la normale interna in un punto generico di $\Omega$.

Essendo $\mathbf{u}_{\sigma_1} = \mathbf{u}_\sigma (P + \varepsilon \mathbf{n})$, il 2° integrale del secondo membro diventa, usando la (9),

$$\int_\sigma \mathbf{u}_\sigma (P + \varepsilon \mathbf{n})\,(1 + \varepsilon\, \mathrm{div}\,\mathbf{n})\, d\sigma = \int_\sigma \mathbf{u} \times \mathbf{n}\, d\sigma + \varepsilon \int_\sigma \left(\frac{d\mathbf{u}}{dP} \mathbf{n}\right) \times \mathbf{n}\, d\sigma + \varepsilon \int_\sigma \mathrm{div}\mathbf{n} \cdot \mathbf{u} \times \mathbf{n}\, d\sigma\,;$$

(*) In generale $\alpha(\mathbf{u} \wedge \mathbf{v}) = I_1 \alpha \cdot \mathbf{u} \wedge \mathbf{v} - \mathbf{u} \wedge K\alpha \mathbf{v} + \mathbf{v} \wedge K\alpha \mathbf{u}$ (An. Vect. Gén. di Burali-Forti e Marcolongo - T. I - pag. 36).

Nel caso nostro poi è $I_1 \dfrac{d\mathbf{n}}{dP} = \mathrm{div}\mathbf{n}$.

in cui si son trascurati i termini dell'ordine di $\varepsilon^2$. D'altra parte

$$\int_S \mathrm{div}\mathbf{u}\cdot dS = \int_0^\varepsilon d\varepsilon \int_\sigma \mathrm{div}\mathbf{u}\, d\sigma\,, \quad \int_\Omega \mathbf{u}\times\mathbf{v}\, d\Omega = \int_0^\varepsilon d\varepsilon \int_s \mathbf{u}\times\mathbf{v}\, ds\,;$$

talchè infine sostituendo e passando al limite per $\varepsilon = 0$, risulta

$$\int_\sigma \mathrm{div}\mathbf{u}\, d\sigma = \int_\sigma \left(\frac{d\mathbf{u}}{dP}\mathbf{n}\right)\times\mathbf{n}\, d\sigma + \int_\sigma (\mathbf{u}\times\mathbf{n})\,\mathrm{div}\mathbf{n}\, d\sigma - \int_s \mathbf{u}\times\mathbf{v}\, ds\,;$$

ossia, per la (2),

$$\int_\sigma \mathrm{div}_\sigma \mathbf{u}\, d\sigma = \int_\sigma (\mathbf{u}\times\mathbf{n})\,\mathrm{div}\mathbf{n}\, d\sigma - \int_s \mathbf{u}\times\mathbf{v}\, ds\,, \tag{10}$$

ove qui $\mathbf{v}$ è in ogni punto di $s$ normale al contorno e normale a $\mathbf{n}$.

In questa formula consiste il teorema della divergenza sulle superficie curve, o, come diremo, *il teorema della divergenza superficiale*. Differisce dall'ordinario teorema che gli corrisponde nello spazio e nel piano per la presenza di un termine in cui figura *la curvatura media* della superficie che si considera.

Posto in (10) $\mathbf{u} = \vec{\varphi}\mathbf{a}$, ove $\mathbf{a}$ è costante, per la (3) si trae

$$\int_\sigma \mathrm{grad}_\sigma \vec{\varphi}\, d\sigma = \int_\sigma \vec{\varphi}\mathbf{n}\cdot\mathrm{div}\mathbf{n}\, d\sigma - \int_s \vec{\varphi}\mathbf{v}\, ds\,; \tag{11}$$

che esprime *il teorema del gradiente superficiale*. Più generalmente usando la (4) si deduce per le omografie

$$\int_\sigma \mathrm{grad}_\sigma \alpha\, d\sigma = \int_\sigma \alpha\mathbf{n}\cdot\mathrm{div}\mathbf{n}\, d\sigma - \int_s \alpha\mathbf{v}\, ds\,. \tag{11}'$$

Infine, ponendo in (10) $\mathbf{a}\wedge\mathbf{u}$ al posto di $\mathbf{u}$ e usando la (7) si ottiene

$$\int_\sigma \mathrm{rot}_\sigma \mathbf{u}\, d\sigma = \int_\sigma (\mathbf{u}\wedge\mathbf{n})\,\mathrm{div}\mathbf{n}\, d\sigma - \int_s \mathbf{u}\wedge\mathbf{v}\, ds\,; \tag{12}$$

che esprime *il teorema della rotazione superficiale*.

Si tenga presente che queste formule valgono anche quando $\vec{\varphi}$, $\mathbf{u}$, o gli elementi di $\alpha$ diventano, in qualche punto di $\sigma$, infiniti come $\frac{1}{r}$ ($r = \mathrm{mod}\,(P-Q)$), giacchè son state dedotte da un'analoga formula dello spazio che è valida, come si sa, anche in quel caso.

Parmi notabile il fatto che dalla (10) si può tosto dedurre il teorema di Stockes. Invero, ponendo $\mathbf{u} = \mathbf{n}\wedge\mathbf{w}$, si trae

$$\int_\sigma \mathrm{rot}\mathbf{w}\times\mathbf{n}\, d\sigma = -\int_s (\mathbf{n}\wedge\mathbf{w}\times\mathbf{v})\, ds = \int_s \mathbf{w}\times\mathbf{n}\wedge\mathbf{v}\, ds = \int_s \mathbf{w}\times dP\,;$$

e poichè $\sigma$ può scegliersi ad arbitrio nel campo ove è definito $\mathbf{w}$, questa formula esprime appunto il teorema di Stockes.

3. - Abbiasi il potenziale di semplice strato

$$\Phi = \int_\sigma \frac{\mu(P)}{r} d\sigma \quad (r = \text{mod}(P - M))$$

in cui l'integrale è esteso alla superficie $\sigma$ limitata dal contorno $s$, quale fu considerata nei paragrafi precedenti. Si ricava

$$\text{grad}_M \Phi = -\int_\sigma \mu \, \text{grad}_P \frac{1}{r} d\sigma .$$

Nel secondo membro tralascieremo l'indice $P$ per non complicare la scrittura ; ma s'intenderà che ogni operazione sotto l'integrale è fatta rispetto ai punti $P$ di $\sigma$.

Usando la (1) e la (1') si ha

$$\text{grad}_M \Phi = -\int_\sigma \mu \left[ \text{grad}_\sigma \frac{1}{r} + \left( \mathbf{n} \times \text{grad} \frac{1}{r} \right) \mathbf{n} \right] d\sigma$$

$$= -\int_\sigma \text{grad}_\sigma \frac{\mu}{r} d\sigma + \int_\sigma \frac{\text{grad}_\sigma \mu}{r} d\sigma - \int_\sigma \mu \frac{d\frac{1}{r}}{dn} \mathbf{n} d\sigma .$$

Al primo integrale si può applicare la (11) e si ottiene

$$\text{(13)} \qquad \text{grad}_M \Phi = \int_\sigma \frac{\text{grad}_\sigma \mu}{r} d\sigma - \int_\sigma \frac{\mu \, \text{div} \, \mathbf{n} \cdot \mathbf{n}}{r} d\sigma - \int_\sigma \mu \frac{d\frac{1}{r}}{dn} \mathbf{n} d\sigma + \int_s \frac{\mu}{r} \mathbf{v} ds ;$$

formula dovuta sostanzialmente al Beltrami, a prezzo di calcoli laboriosi, per quanto elegantissimi. Nel secondo membro compaiono tre potenziali (vettori) continui attraverso $\sigma$, ed un potenziale vettore di doppio-strato (il terzo) che possiede una nota discontinuità. Si ha dunque

$$\text{(14)} \qquad [\text{grad}\Phi]_\sigma = -4\pi\mu\mathbf{n} ,$$

indicando in generale con $[a]_\sigma$ la discontinuità di un ente qualunque $a$.

Per un potenziale-vettore di semplice strato

$$\mathbf{u} = \int_\sigma \frac{\mathbf{v}(P)}{r} d\sigma ,$$

si ha, in virtù della precedente,

$$[\text{grad}(\mathbf{u} \times \mathbf{a})]_\sigma = -4\pi(\mathbf{v} \times \mathbf{a})\mathbf{n} ,$$

essendo $\mathbf{a}$ un vettore unitario costante. Ne consegue per note formule (*)

(*) A. V. G. - T. I, pag. 81. La $H(\mathbf{v}, \mathbf{n})$ è una *diadé* che vale l'operazione $(\mathbf{v} \times \ )\,\mathbf{n}$, e però

$$H(\mathbf{v}, \mathbf{n})\,\mathbf{a} = (\mathbf{v} \times \mathbf{a})\,\mathbf{n} .$$

La $H(\mathbf{n}, \mathbf{v})$ è la sua coniugata ; quella cioè che si ottiene dalla precedente con l'operatore $K$.

$$\left[K\frac{d\mathbf{u}}{dM}\right]_\sigma = -4\pi H(\mathbf{v}, \mathbf{n})$$

e quindi

$$\left[\frac{d\mathbf{u}}{dM}\right]_\sigma = -4\pi H(\mathbf{n}, \mathbf{v}). \tag{15}$$

Le (14) e (15) danno in forma assoluta le discontinuità degli enti derivati di primo ordine dei potenziali scalari e vettori di semplice strato, e perciò forniscono, quando occorra, la discontinuità d'una derivata in una qualsiasi direzione.

Così

$$[\mathrm{grad}\Phi \times \mathbf{n}]_\sigma = \left[\frac{\partial\Phi}{\partial n}\right]_\sigma = -4\pi\mu\mathbf{n} \times \mathbf{n} = -4\pi\mu$$

dà la discontinuità della derivata normale; e

$$\left[\frac{d\mathbf{u}}{dM}\mathbf{n}\right]_\sigma = \left[\frac{\partial\mathbf{u}}{\partial n}\right]_\sigma = -4\pi H(\mathbf{n}, \mathbf{v})\,\mathbf{n} = -4\pi\mathbf{v}$$

quella della derivata normale di $\mathbf{u}$. Osservando poi che gl'invarianti di $\frac{d\mathbf{u}}{dM}$ e di $H(\mathbf{n}, \mathbf{v})$ sono rispettivamente $div\,\mathbf{u}$ e $\mathbf{v} \times \mathbf{n}$, si deduce subito

$$[\mathrm{div}\,\mathbf{u}]_\sigma = -4\pi(\mathbf{v} \times \mathbf{n});$$

e con una osservazione analoga

$$[\mathrm{rot}\,\mathbf{u}]_\sigma = -4\pi(\mathbf{n} \wedge \mathbf{v}).$$

4. - Consideriamo ora la funzione potenziale di doppio strato

$$\Psi = \int_\sigma \mu\,(\mathrm{grad}_P R \times \mathbf{n})\,d\sigma \qquad \left(R = \frac{1}{r}\right)$$

dove $\sigma$, $\mu$, $\mathbf{n}$ hanno il significato precedente. Si ricava

$$\mathrm{grad}_M\Psi = \int_\sigma \mu\,\mathrm{grad}_M(\mathrm{grad}_P R \times \mathbf{n})\,d\sigma = \int_\sigma \mu K\frac{d\,\mathrm{grad}_P R}{dM}\mathbf{n}\,d\sigma$$

$$= -\int_\sigma \mu\frac{d\,\mathrm{grad}\,R}{dP}\mathbf{n}\,d\sigma,$$

giacchè $\frac{d\mathbf{n}}{dM} = 0$. Ma dalla formula

$$\frac{d(\mu\,\mathrm{grad}\,R)}{dP} = \mu\frac{d\,\mathrm{grad}\,R}{dP} + (\mathrm{grad}\,\mu \times\ )\,\mathrm{grad}\,R$$

si trae, per mezzo dell'operatore K,

$$\mathrm{K}\frac{d(\mu \mathrm{grad} R)}{dP} = \mu \frac{d\,\mathrm{grad} R}{dP} + (\mathrm{grad} R \times\ )\,\mathrm{grad}\mu\,;$$

per conseguenza si può scrivere

$$\mathrm{grad}_M \Psi = -\int_\sigma K \frac{d(\mu \mathrm{grad} R)}{dP}\,\mathbf{n}\,d\sigma + \int_\sigma (\mathrm{grad} R \times \mathbf{n})\,\mathrm{grad}\mu\,d\sigma\,.$$

Per ridurre il primo integrale a forma cui sia applicabile qualcuno dei teoremi del n. 2, bisogna trasformarlo mediante la formula

$$\int_\sigma \left(\mathrm{div}\,\mathbf{u} - \mathrm{K}\frac{d\mathbf{u}}{dP}\right)\mathbf{n}\,d\sigma = \int_s \mathbf{u} \wedge dP,$$

che è una conseguenza di quella di Stockes (*), applicata allo speciale diaframma $\sigma$. Facendo $\mathbf{u} = \mu\,\mathrm{grad} R$ si trova

$$\mathrm{grad}_M \Psi = -\int_\sigma \mathrm{div}(\mu\,\mathrm{grad} R)\,\mathbf{n}\,d\sigma + \int_\sigma (\mathrm{grad} R \times \mathbf{n})\,\mathrm{grad}\mu\,d\sigma + \int_s \mu\,\mathrm{grad} R \wedge dP$$

$$= -\int_\sigma \mu\,\mathrm{div}\,\mathrm{grad} R \cdot \mathbf{n}\,d\sigma - \int_\sigma (\mathrm{grad}\mu \times \mathrm{grad} R)\,\mathbf{n}\,d\sigma + \cdots\cdots\cdots$$

Ma

$$\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\frac{1}{r} = \Delta\frac{1}{r} = 0\,, \quad \mathrm{grad}\mu = \mathrm{grad}_\sigma \mu, \quad \mathrm{grad}\mu \times \mathbf{n} = 0$$

$$\mathrm{grad}\mu \times \mathrm{grad} R = \mathrm{grad}_\sigma \mu \times \mathrm{grad}_\sigma R = \mathrm{div}_\sigma(R\,\mathrm{grad}_\sigma \mu) - R\,\mathrm{div}_\sigma \mathrm{grad}_\sigma \mu\,;$$

per conseguenza

$$\mathrm{grad}_M \Psi = -\int_\sigma \mathrm{div}_\sigma(R\,\mathrm{grad}_\sigma \mu)\,\mathbf{n}\,d\sigma + \int_\sigma R\,\mathrm{div}_\sigma \mathrm{grad}_\sigma \mu \cdot \mathbf{n}\,d\sigma + \int_\sigma (\mathrm{grad} R \times \mathbf{n})\,\mathrm{grad}\mu\,d\sigma +$$

$$+ \int_s \mu\,\mathrm{grad} R \wedge dP\,.$$

D'altra parte la nota formula (**)

$$\mathrm{grad} H(\mathbf{u}, \mathbf{n}) = \mathrm{div}\,\mathbf{u} \cdot \mathbf{n} + \frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathbf{u}$$

è pure valida per gli operatori superficiali, come è facile verificare; e cioè, fatto

---

(*) Basta porre nella formula di Stockes

$$\int_\sigma \mathbf{n} \times \mathrm{rot}\,\mathbf{u}\,d\sigma = \int_s \mathbf{u} \times dP$$

$\mathbf{u} \wedge \mathbf{a}$ ($\mathbf{a} =$ cost) al posto di $\mathbf{u}$. e sviluppare. A. V. G., T. I, pag. 117.

(**) A. V. G., T. I, pag. 84.

$\mathbf{u} = R\,\mathrm{grad}\,\mu$, si ha

$$\mathrm{grad}_\sigma H(R\,\mathrm{grad}\,\mu, \mathbf{n}) = \mathrm{div}_\sigma(R\,\mathrm{grad}\,\mu)\cdot\mathbf{n} + R\frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathrm{grad}\,\mu\,;$$

talchè, applicando la formula (11'), e notando che $\mathrm{grad}\,\mu \times \mathbf{n} = 0$, risulta

$$\int_\sigma \mathrm{div}_\sigma(R\,\mathrm{grad}\,\mu)\cdot\mathbf{n}\,d\sigma = -\int_\sigma R\frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathrm{grad}\,\mu\,d\sigma - \int_s R\,(\mathrm{grad}\,\mu \times \mathbf{v})\,ds\,.$$

Per mezzo di questa il $\mathrm{grad}\Psi$ acquista l'espressione del Beltrami

$$\mathrm{grad}\Psi = \int_\sigma \frac{1}{r}\frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathrm{grad}\,\mu\,d\sigma + \int_\sigma \frac{1}{r}\,\mathrm{div}_\sigma\mathrm{grad}\,\mu\cdot\mathbf{n}\,d\sigma + \int \frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial n}\,\mathrm{grad}\,\mu\,d\sigma + \int \frac{1}{r}\,(\mathrm{grad}\,\mu \times \mathbf{v})\,ds + \int_s \mu\,\mathrm{grad}\,\frac{1}{r} \wedge dP\,. \tag{17}$$

Poichè soltanto il terzo integrale rappresenta un potenziale-vettore di doppio strato, che ha nota discontinuità, risulta subito attraverso $\sigma$

$$[\mathrm{grad}\,\Psi]_\sigma = 4\pi\,\mathrm{grad}\,\mu\,. \tag{18}$$

Se si ha un potenziale-vettore di doppio strato

$$\mathbf{w} = \int_\sigma \frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial n}\,\mathbf{u}\,d\sigma,$$

allora per la precedente risulta

$$[\mathrm{grad}\,(\mathbf{w} \times \mathbf{a})]_\sigma = 4\pi\,\mathrm{grad}\,(\mathbf{w} \times \mathbf{a}) \qquad (\mathbf{a} \equiv \mathrm{cost})$$

ossia

$$\left[K\frac{d\mathbf{w}}{dM}\right]_\sigma \mathbf{a} = 4\pi K\frac{d\mathbf{v}}{dP}\,\mathbf{a}$$

e quindi

$$\left[\frac{d\mathbf{w}}{dM}\right]_\sigma = 4\pi\frac{d\mathbf{u}}{dP}\,. \tag{19}$$

Questa e la (18) danno in forma assoluta la discontinuità degli enti derivati di prim'ordine di $\Psi$ e $\mathbf{w}$. In particolare si deduce subito

$$\left[\frac{\partial\Psi}{dn}\right]_\sigma = 0 \quad [\mathrm{div}\,\mathbf{w}]_\sigma = 4\pi\,\mathrm{div}\,\mathbf{u}, \quad [\mathrm{rot}\,\mathbf{w}]_\sigma = 4\pi\,\mathrm{rot}\,\mathbf{u}\,.$$

5. - Le discontinuità degli enti derivati di second'ordine delle $\Phi$, e $\Psi$ si ottengono immediatamente.

Riprendendo la (13), e ponendo per comodo

$$\mathbf{u}_1 = \int_\sigma \frac{\mathrm{grad}\,\mu - \mu\,\mathrm{div}\mathbf{n}\cdot\mathbf{n}}{r}\,d\sigma \quad \mathbf{u}_2 = \int_\sigma \mu\frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial n}\,\mathbf{n}\sigma\,,$$

che sono due potenziali-vettori rispettivamente di semplice e di doppio strato, si deduce

$$\left[\frac{d\,\mathrm{grad}\Phi}{dM}\right]_\sigma = \left[\frac{d\mathbf{u}_1}{dM}\right]_\sigma - \left[\frac{d\mathbf{u}_2}{dM}\right]_\sigma .$$

Applicando le (15) e (19) al caso presente, si trova

$$\left[\frac{d\,\mathrm{grad}\Phi}{dM}\right]_\sigma = -4\pi\left\{H(\mathbf{n},\mathbf{b}) + \frac{d(\mu\mathbf{n})}{dP}\right\} \tag{20}$$

ove

$$\mathbf{b} = \mathrm{grad}\mu - \mu\,\mathrm{div}\,\mathbf{n}\cdot\mathbf{n} ,$$

Analogamente dalla (17) si trae

$$\left[\frac{d\,\mathrm{grad}\Psi}{dM}\right]_\sigma = \left[\frac{d\mathbf{v}_1}{dM}\right]_\sigma + \left[\frac{d\mathbf{v}_2}{dM}\right]_\sigma$$

ove

$$\mathbf{v}_1 = \int_\sigma \left(\Delta\cdot\mu\cdot\mathbf{n} + \frac{d\mathbf{n}}{dP}\mathrm{grad}\mu\right)\frac{1}{r}\,d\sigma \qquad \text{(potenz. vettore di semplice strato)}$$

$$\mathbf{v}_2 = \int_\sigma \frac{\partial\frac{1}{r}}{\partial n}\,\mathrm{grad}\mu\, d\sigma \qquad \text{(potenz. vettore di doppio strato).}$$

Perciò, applicando ancora le (15) e (19), risulta

$$\left[\frac{d\,\mathrm{grad}\Psi}{dM}\right]_\sigma = -4\pi\left\{H(\mathbf{n},\mathbf{c}) - \frac{d\,\mathrm{grad}\,\mu}{dP}\right\} \tag{21}$$

in cui

$$\mathbf{c} = \Delta\mu\cdot\mathbf{n} + \frac{d\mathbf{n}}{dP}\mathrm{grad}\mu .$$

Queste formule pongono in evidenza la vera natura geometrica della discontinuità. Scrivendo la (20) nella forma

$$\left[\frac{d\,\mathrm{grad}\Phi}{dM}\right]_\sigma = 4\mu\pi\,\mathrm{div}\,\mathbf{n}\cdot H(\mathbf{n},\mathbf{n}) - 4\pi\left\{H(\mathbf{n},\mathrm{grad}\mu) + \frac{d\mu\mathbf{n}}{dP}\right\};$$

si vede che la 1ª omografia, trasformando ogni vetlore in un vettore parallelo a $\mathbf{n}$, caratterizza la parte normale della discontinuità ; mentre la seconda, trasformando qualunque vettore in un vettore perpendicolare ad $\mathbf{n}$, caratterizza la discontinuità tangenziale (*). Analoga osservazione vale per la (21).

Considerando gl' invarianti primi d'ambo i membri, si deduce in particolare per formule già ricordate le note proprietà espresse da

$$[\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\Phi]_\sigma = [\Delta\Phi]_\sigma = 0$$
$$[\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\Psi]_\sigma = [\Delta\Psi]_\sigma = 0 .$$

(*) $H(\mathbf{n},\mathrm{grad}\mu)\,\mathbf{a} = (\mathbf{n}\times\mathbf{a})\,\mathrm{grad}\mu$ e $\frac{d\mu\mathbf{n}}{dP}\,\mathbf{a}\times\mathbf{n} = \mu\frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathbf{a}\times\mathbf{n} = \mu\mathbf{a}\times K\frac{d\mathbf{n}}{dP}\,\mathbf{n} = 0$.

# I FERMENTI DIASTASICI E LA MOBILIZZAZIONE DELLO ZUCCHERO NELL' ORGANISMO

## RICERCHE

DEL

Prof. PIETRO ALBERTONI e LUISA DERTIL

(Lette nella Sessione del 4 Marzo 1917).

Bernard (1) basandosi sull' osservazione che nel fegato subito dopo la morte si forma glucosio dal glicogeno, attribuiva la trasformazione all' opera di uu enzima, e sosteneva che lo stesso processo dovesse verificarsi durante la vita.

L' esistenza di questo fermento epatico fu confermata da v. Wittich (2), il quale fece osservare che anche dal fegato ben privato di sangue colla lavatura si estrae mediante la glicerina un fermento saccarificante: un corpo del resto assai diffuso, aggiungo v. Wittich, perchè si ottiene indubbiamente, sebbene in lievi quantità, dal sangue, dallo siero, dal tessuto renale, dal cervello e dalla mucosa gastrica. Invece Seridan Lea e Florence Eves, Noèl Paton, E. Cavazzani, Monier negano la partecipazione di un fermento alla formazione dello zucchero nel fegato durante la vita, e la ritengone funzione del protoplasma delle cellule epatiche.

Una veduta intermedia viene sostenuta da Dastre, da Pflüger, da Pugliese, secondo i quali la formazione di zucchero nel fegato è un processo vitale, nel senso che la diastasi epatica si deve considerare come un prodotto delle cellule epatiche, un prodotto di scomposizione del protoplasma sotto l' influenza di stimoli specifici.

Varie esperienze hanno messo fuori di dubbio che l' estratto di fegato può esercitare potere saccarificante quando sia sospesa l' attività cellulare. Infatti Salkowski e Cristina Tebb videro che un estratto di fegato con acqua di cloroformio, che sospende l' attività cellulare ma lascia intatti gli enzimi, possiede potere saccarificante. Arthus e Huber (3) seguendo lo stesso concetto hanno dimostrato che una soluzione 1 % di

(1) Cl. Bernard, Sur le mécanisme de la formation du sucre dans le foie. Compt. r. XLI. 461. 1855.

(2) v. Wittich, Diastatiche Fermente in Thierkörper. Pflüger's Archiv. Bd. III p. 342. 1870.

(3) M. Arthus et Adolphe Huber, Ferments solubles et ferments figurés. Arch. de physiol. 1892 [5] 4, p. 651.

fluoruro di sodio sospende ogni attività cellulare, mentre lascia integra l'attività dei fermenti solubili. Ora un estratto di fegato preparato con soluzione di fluoruro di sodio conserva dopo settimane e mesi la capacità di trasformare il glicogene in zucchero. Pick (1) ho completamente confermato questi risultati; egli vide anche che il violetto di metile inibisce alquanto l'azione della diastasi epatica, e che un potere inibitore molto più intenso ha la chinina. Arthus e Huber ritennero quindi dimostrati, in base a dette esperienze, i due concetti fondamentali di Bernard: 1° che nel fegato si forma zucchero dal glicogene, 2° che la formazione di zucchero dal glicogene nel fegato avviene per opera di un fermento diastasico. Bial (2) nelle sue accurate ricerche conferma che la trasformazione del glicogene in zucchero avviene nel fegato mediante un fermento diastasico, il quale è identico a quello del sangue e probabilmente deriva dal medesimo. Questo fermento non è un amilasi, perchè questa scompone il glicogene in acroodestrina e maltosio, mentre tanto il fermento diastasico del fegato, che del sangue, scompone il glicogene quasi esclusivamente in glucosio con lievi quantità di maltosio e di isomaltosio (Bial, Tebb, Borchardt).

L'idea di Bernard ha fatto ulteriori progressi dopo la dimostrazione di una diastasi diffusa nel sangue, nella linfa, nel fegato e in altri organi, data specialmente da v. Wittich, da Böhm e F. Hoffmann, da Bial, da Rohmann, da Pick, da Borchardt, da Wohlgemuth.

Viene ricordato che secondo Magendie (3) il sangue ha la capacità di trasformare l'amido in zucchero, che questa saccarificazione avviene tanto nell'organismo per iniezione intravenosa di amido solubile, che fuori facendo agire il sangue e lo siero sulla colla d'amido: ma vedremo che questo è solo in parte accettabile. Al tempo di Magendie non era facile un dosamento esatto dello zucchero del sangue e la sua esperienza si riferisce ad un coniglio nel quale il sangue che non conteneva prima zucchero dava la reazione di zucchero dopo l'iniezione intravenosa di amido.

Grohe ha trovato nel chilo un fermento diastasico proveniente dall'intestino. E le osservazioni sull'esistenza di fermenti diastasici diffusi nell'organismo vennero confermate da Bernard, da Hensen, da Schiff, da v. Wittich, da Seegen, da R. Böhm e Hoffmann ed ampliate nel senso che anche il glicogene viene saccarificato dal sangue come l'amido. Tiegel e Plósz sostennero che il fermento saccarificante non era disciolto nel sangue, ma proveniva da disfacimento dei globuli rossi. Secondo v. Wittich il fermento è un prodotto generale del ricambio. Magendie (l. c.) osservava che facendo infondere cervello, cuore, polmoni in acqua a 40° quest'infuso trasforma l'amido come fa l'infuso di pancreas, quantunque in grado minore. Lussana, Seegen e Kratschmer hanno sostenuto che tutti i corpi albuminoidi hanno la capacità di trasformare l'amido in

(1) Fr. Pick, Hofmeister's Beiträge B. III, p. 163. 1903.

(2) M. Bial, Ueber die Beziehungen des diastatischen Fermentes des Blutes und der Lymphe zur Zukerbildung in der Leber, Pflüger's Arch. 1894 Bd. LV. pg. 434 e *Bd. 54* pg. 72. 1893 e *Bd 52* p. 137. Vedi anche Archiv. f. Physiol. 1901 p. 249.

(3) Magendie, Note sur la presénce normale du sucre dans le sang - Compt. r. de l'Academie 1846 pag. 189.

zucchero, ma le soluzioni sterilizzate di albumina non hanno quest'azione (Dastre). M. Bial sotto la direzione di Röhmann ha trovato che: 1°) nello siero del sangue e della linfa è contenuto un fermento diastasico, che non si trova nelle ematie: 2°) il fermento diastasico del sangue e della linfa si differenzia da quello della saliva, del pancreas, dell'orzo germinato perchè trasforma l'amido non in maltosio e destrina, ma in destrosio; 3) il maltosio e l'acroodestrina vengono scomposti dal fermento diastasico dello siero sanguigno; 4°) la glicerina impedisce l'azione di questo fermento. Nelle sue esperienze Bial trattava 50 cc. colla d'amido 1 % con 5 cc. siero di sangue di cane, dopo 2 ore trovava 0,34 % di zucchero.

Cristina Tebb (1) e Borchardt (2) hanno dato la dimostrazione che il fermento epatico asettico sdoppia il glicogeno con produzione di glucosio; e che l'enzima epatico differisce dalla ptialina, dall'amilopsina e dalla maltasi per la natura del prodotto finale che si ottiene, che è glucosio e non maltosio.

L'esistenza di maltasi nello siero venne affermata da E. Fischer e Niebel, da Gley e Bourquelot; e la separazione dell'amilasi dalla maltasi è riuscita a Bial distruggendo la maltasi coll'alcool, mentre rimaneva integra l'azione diastasica. Invece Abderhalden e Brahm (3), valendosi del metodo ottico, concludono che lo siero normale di cane adulto non scompone nè l'amido, nè il saccarosio, nè il raffinosio, nè il lattosio.

Sull'origine del fermento e sulle condizione che ne regolano la produzione ricordiamo le esperienze di Pugliese (4) e quelle di Moekel e Rost (5). Pugliese conferma l'esistenza nel fegato di un enzima capace di trasformare glicogene e amido specialmente in glucosio; fermento che non arriva al fegato dal sangue e dalla linfa, ma al contrario viene versato in circolo dal fegato. L'azione diastatica del fegato è normalmente meno intensa in quegli animali che posseggono uno siero sanguigno poco attivo sull'amido e sul glicogene, ed è quasi nulla nei cani e gatti neonati. Dalle numerose esperienze di Moeckel e Rost, fatte cavando un po' di sangue, facendolo agire su colla d'amido, e determinando lo zucchero formato e da questo la quantità del fermento, rileviamo che il contenuto di amilasi nel sangue di varie specie è molto differente; corrisponde al potere digerente. Il sangue di diversi distretti vascolari non mostra differenze essenziali nel contenuto in amilasi, la quale diminuisce dopo l'estirpazione del pancreas, tende ad aumentare per il freddo, per l'astinenza e per la somministrazione di pilocarpina, di stricnina.

Secondo Loeper e Ficai l'enzima amilolitico dello siero deriva probabilmente dal pancreas: aumenta per l'uso di riso.

---

(1) Christine Tebb, Hydrolysis of Glycogen. Jour. of Phisiology 1898. Vol. XXII N. 5.

(2) L. Borchardt, Ueber das zuckerbildende Ferment der Leber. Pflüger's Arch. *Bd. 100*, p. 259, 1903.

(3) E. Abderhalden u. C. Braham, Serologische Studien mit Hilfe der optischen Methode II. Zeit. f. phys. Chem. *Bd. 68* p. 429, 1910.

(4) Angelo Pugliese, Contributo allo studio del fermento saccarificante del fegato. Archivio di Farmacologia e Terap. Vol XII f. 4. Agosto 1906.

(5) K. Moeckel u. F. Rost, Ueber den Ursprung und die Bedeutung des amylolytischen Blutferments. Zeit f. phys. chem. *Bd 67* p. 433.

Ammessa l'esistenza nel fegato di un proprio fermento diastasico vari Autori, come Zegla, Wohlgemuth e Benzur, Schirokauer ed altri hanno anche ricercato le condizioni patologiche che influenzano il processo e cercato di interpretare certi stati morbosi con modificazioni quantitative del fermento (1).

***

Queste esperienze dimostrano con sicurezza l'esistenza abbastanza diffusa di un fermento diastasico, ma essendo state eseguite in vitro non assicurano egualmente della sua *esistenza e attività nell' organismo vivente*, e meno ancora danno luce sul significato e sulla funzione del fermento. Come si debba andare guardinghi in quest' argomento lo insegnano i risultati negativi di Abderhalden e Brahm (l. c.), le nostre ricerche e quanto si sa intorno al fermento glicolitico, che ha dato luogo a tanti lavori fittizi, mentre Arthus (2) ha trovato che detto fermento si formerebbe solo fuori dei vasi dai leucociti e perderebbe ogni attività a + 55°.

Oggi poi sappiamo da Abderhalden e da Weinland come siano diffusi i fermenti protettivi per gli idrati di carbonio e come siano facili a prodursi e svilupparsi per l'introduzione paranterale di zucchero di canna, di zucchero di latte, di amido solubile. Manca adunque finora una diretta prova che il glicogene sia destinato nell'organismo a dare glucosio per opera di fermenti.

Noi siamo riusciti a fornire questa prova con una serie di esperienze nelle quali abbiamo determinato lo zucchero del sangue carotideo prima e dopo l'iniezione per la vena giugulare di una soluzione di takadiastasi di noto potere saccarificante. Venti minuti dopo l'iniezione la quantità di zucchero è molto aumentata nel sangue; l'aumento manca se la soluzione di takadiastasi venne prima sottoposta a bollitura. L'aumento dello zucchero poi non si mantiene a lungo, ma è quasi scomparso dopo un'ora.

Riferiamo brevemente alcune esperienze a illustrazione dell'argomento.

La takadiastasi di Parkes-Devis usata per le esperienze venne esaminata nel suo potere digerente con colla d'amido. A gr. 0,5 di amido solubile Erba disciolto in 50 c. c. acqua distillata si aggiunsero centgr. 5 della takadiastisi e la miscela messa a digerire in bagnomaria a 38° per 30 minuti. Si dosa in 20 c. c. il glucosio formatosi e si trova nell'intera quantità di 50 c. c. gr. 0,242 di glucosio.

*Takadiastasi.* 23 Gj. 1917 - Cane sano di Klgr. 10. Si cava sangue dalla carotide sinistra, gr. 36, facendolo giungere direttamente nel reattivo nitrato mercurico (reattivo Bierry-Portier-Mayer), poi si iniettano per la vena giugulare 40 centgr. di takadiastasi sciolti in 15 c. c. soluzione fisiologica. Dopo 20 minuti si cavano dalla stessa carotide gr. 37 di sangue che dalla cannula giunge direttamente nel reattivo mercurico.

Il cane per l'iniezione non presenta nessun fenomeno.

Il sangue cavato venne privato di albumina e si ottenne un liquido puro, limpido, nel quale venne determinato lo zucchero secondo Allihn.

(1) L'argomento è riassunto nel lavoro di Frieda Orkin, Die Leberdiastase bei experimenteller Nephritis. Zeit. f. Klin. Medecin *Bd. 74* p. 433. 1912.

(2) M. Arthus, Glycolyse dans le sang. C. r. 1892 CXIV. p. 605. Arch. de physiol. 1891 p. 425 e 1892 pg. 337.

Primo sangue gr. 36 conteneva gr. 0,0472 glucosio e per mille gr. 1,3.
Secondo sangue, dopo la takadiastasi, gr. 37 conteneva gr. 0,0763 glucosio e per mille gr. 2,06.

*Takadiastasi* 6 Fbj. 1917 - Cagnetta deperita di Kgr. 5.
Si cava sangue dalla carotide gr. 29. Si inietta per la giugulare centgr. 40 di takadiastasi sciolti in 12 c. c. soluzione fisiologica.
Dopo 20 minuti dall' iniezione si cavano dalla stessa carotide gr. 19,4 sangue - e dopo 50 minuti si cavano dalla stessa carotide gr. 17 sangue.
Tutti i saggi di sangue furono raccolti direttamente dalla carotide nei bicchieri contenenti 25 c. c. reattivo Bierry-Portier e si è determinato il glucosio col metodo di Allihn, alcalizzando prima il liquido.
1° saggio - sangue gr. 29 contenente gr. 0,0285 glucosio cioè per mille gr. 0,98 glucosio.
2° saggio - sangue gr. 19,4 contenente gr. 0,0273 glucosio cioè per mille gr. 1,40.
3° saggio - sangue gr. 17 contenente gr. 0,0156 glucosio cioè per mille gr. 0,917.

In tutte le esperienze ebbesi un aumento cospicuo nella quantità di glucosio del sangue dopo l' iniezione della takadiastasi, aumento che scompariva del tutto dopo un' ora dall' iniezione. Che si tratti di esclusiva azione del fermento lo dimostra il fatto che la bollitura aboliva ogni effetto.

*Takadiastasi bollita* 14 II 1917 - Takadiastasi fatta bollire per un' ora in apparecchio a ricadere, 1 gr. in 50 c. c. soluzione isotonica, si filtra. Si iniettano nel cane 20 c. c., sul resto si fa la prova con salda d' amido che riesce negativa.
Cane di Kgr. 7 - Si raccolgono 23 gr. sangue in 25 c. c. reattivo Bierry-Partier, si iniettano 20 c. c. della soluzione di takadiastasi bollita. Dopo 20 minuti si tolgono dalla carotide gr. 25 sangue fatto arrivare direttamente in reattivo Bierry-Poetier.
Fatte le dovute operazioni e alcalinizzato in fine il liquido col metodo Allihn si trova.
1° saggio gr. 23 sangue con gr. 0, 1956 glucosio gr. 0,85 glucosio per mille.
2° saggio gr. 25 sangue con gr. 0, 02025 glucosio gr. 0, 85 per mille.

Abbiamo eseguite anche delle esperienze col fermento epatico, estraendolo dal fegato col metodo di Arthus: il risultato è stato positivo, ma lieve ed assai inferiore a quello ottenuto mediante la takadiastasi. Però occorre moltiplicare queste esperienze in diverse condizioni.

*Fermento epatico* - In un cane di 6 Kgr. che aveva servito per la precedente esperienza e non si trovava in buone condizioni e mangiava poco, si tagliano le carotidi, si lava il fegato per la vena porta con soluzione di floruro di sodio 0,5 %. Dopo il lavaggio si prende una parte del fegato, si tritura e se ne pesano gr. 100 che si mettono in infusione con 200 c. c. soluzione fluoruro di sodio 2 %.
Il giorno seguente si prendono 25 c. c. di quest' infuso opalescente si pone in bagnomaria bollente per distruggere il fermento e coagulare le sostanze albuminoidi, aggiungendo alcune goccie di acido acetico, si filtra, si lava il filtro con acqua calda e si determina il glucosio col metodo Allihn - Glucosio gr. 0,055 in 25 c. c. eguale a gr. 0,22 %.
Sempre dello stesso infuso si prendono 25 c. c. e si pone a digerire per 2 ore a 38° con colla d' amido e poi si aggiungono alcune goccie acido acetico, si filtra, si lava con acqua calda e si determina il glucosio col metodo Allihn e si trova gr. 0,080 glucosio in più del precedente. Dunque potere saccarificante gr. 0,036 %, cioè minimo.
Si prende una cagna sana di Kgr. 14. Si cava dalla carotide un primo saggio di sangue che viene mescolato con 25 c. c. reattivo Bierry-Portier, poi si iniettano per la

giugulare 20 c. c. dell'infuso di fegato, contenente il fermento, e dopo 20' si raccoglie un secondo saggio di sangue dalla carotide in 25 c. c. reattivo nitrato mercurico.

1° saggio gr. 26 sangue - glucosio gr. 0.021 e in ‰ di sangue gr. 0,80 glucosio.

2° saggio gr. 26,5 sangue, glucosio gr. 0,025 e in ‰ di sangue gr. 0,96 glucosio.

L'aumento di glucosio è lieve, ma anche il potere saccarificante dell'infuso epatico era debolissimo.

Dobbiamo quindi concludere che la mobilizzazione dello zucchero nell'organismo viene determinata dall'azione del fermento diastasico sul glicogeno, che viene trasformato in glucosio; ma detta trasformazione nelle condizioni normali ha un limite.

Il fatto che l'iperglicemia per iniezione del fermento diastasico cessa dopo un'ora dimostra che l'organismo possiede dei meccanismi che limitano o neutralizzano l'azione del fermento. La tensione dello zucchero nel sangue è mantenuta normale dall'azione equilibrata di fermenti e antifermenti. L'esistenza e la produzione immunitoria di antifermenti venne affermata da vari autori per la tripsina (antitripsina), per la pepsina (anti-pepsina), per la chimosina. Riguardo all'argomento che specialmente ci interessa, F[illegible] e Coggi (1) hanno trovato che il siero sanguigno inibisce l'azione digestiva della [illegible] e della amilopsina, con maggiore evidenza quello estratto dal sangue venoso, che non [illegible] del sangue arterioso e che l'influenza della temperatura di 58° per un'ora toglie anche [illegible] detta azione inibitrice. Ascoli e Bonfanti (2) trattando dei conigli con soluzioni intraperitoneali di pancreatina hanno trovato nello siero di sangue reso così inattivo un antidiastasi attiva contro la diastisi pancreatica. Si sa poi dalle importanti osservazioni di Hedin (3) e del suo allievo Iahnson-Blohm (4) che in generale le sostanze colloidali possono esercitare un'azione di arresto sugli enzimi.

***

Una conferma delle nostre risultanze sulla trasformazione del *glicogene* per opera di un fermento esistente nell'organismo si ha nel fatto che l'iniezione in circolo di glicogene produce l'iperglicemia, come abbiamo riconosciuto determinando il glucosio nel sangue prima e dopo l'iniezione di glicogene. Su un argomento così interessante non esistono esperienze dirette e rigorose.

Ad una cagnetta di Kgr. 5 si prende direttamente dalla carotide un primo saggio di sangue di gr. 23 che si mescola con 25 c. c. di reattivo Bierry-Portier e si iniettano poi per la giugulare gr. 4,50 di glicogene epatico secco, conservato a lungo sotto l'alcool,

(1) A. Pugliese e C. Coggi, Influenza del siero di sangue sugli enzimi. Bull. delle Scienze Mediche di Bologna. Giugno 1897.

(2) M. Ascoli e A. Bonfanti, Ueber Blutserumdiastasen and Antidiastasen. Zeit. f. phys. Chemie *Bd. 43* p. 156. 1904.

(3) S. G. Hedin, Ueber Reaktionen zwischen Enzymen und anderen Substanzen. Zeit. f. phys. Chemie *Bd. 82* p. 175. 1912.

(4) G. Jahnson-Blohm. Die Einvirkung einiger Kolloiden Substanzen auf die Hemmung der Enzymwirkungen. Zeit. f. phys. Chemie *Bd. 82* p. 178.

sciolto in 70 c. c. soluzione isotonica. Dopo 20 minuti si prende direttamente dalla carotide un secondo saggio di sangue di gr. 16 che si mescolano con 25 c. c. di reattivo

1° saggio di sangue gr. 23, glucosio gr. 0,0225, in 1000 di sangue gr. 0,97.
2° saggio di sangue gr. 16, glucosio gr. 0,031, in 1000 di sangue gr. 1,93.

Alcune vecchie esperienze di Magendie, di Bernard, di Pavy ricevono così una facile spiegazione. Come abbiamo già ricordato Magendie per dimostrare la preesistenza del fermento diastasico nel sangue circolante iniettava nel coniglio digiuno colla d'amido e trovava che già 10 minuti dopo l'iniezione non si aveva la reazione dell'amido, mentre si trovava zucchero. Bernard scopriva zucchero nelle orine dopo iniezione nel coniglio di 1 gr. di amido solubile; e questo gli avveniva una sola volta dopo l'iniezione di un decotto di fegato.

Pavy scrive che dopo l'iniezione di glicogene nei vasi dell'animale vivente il sangue, e per grandi quantità l'orina, diventa ricco di zucchero. Anche Tiegel ha osservato [illegible]diabete per iniezione di soluzioni di glicogene. Schiff invece riferisce che dopo gue[illegible]one di glicogene non ha trovato nè nel sangue, nè nell'orina zucchero. Dati da[illegible]tti porta il lavoro di Tieffenbach, Dissertation, Königsberg 1869, [illegible] il quale la glicosuria è un risultato raro e si osserva solo per iniezione di grandi quantità di glicogene. Böhm e L. Hoffmann (1) dopo aver riferite le precedenti notizie aggiungono di aver iniettato da 3-10 gr. di glicogene nel corso di un ora nella giugulare del gatto e vedevano che esso produce una dissoluzione della materia colorante del sangue come fa la glicerina, e che l'orina contiene un corpo riducente — e che un secondo carbo-idrato colle proprietà dell'acroodestrina di Brücke o Nasse si trova nel sangue e nel fegato. Röhmann ha riconosciuto che nei vasi linfatici, senza che siano turbati i rapporti normali, avviene una trasformazione di glicogene in zucchero. Dastre ed altri hanno ammessa tale trasformazione perchè non si trova glicogene, o se ne trovano solo traccie, nella linfa e nel sangue.

Se invece si introduce direttamente in circolazione dell'*amido* non si ha iperglicemia, e si nota appena un lieve aumento di sostanze riducenti nel sangue.

Cane di Kgr. 10,300, molto agitato e violento. Si levarono dalla carotide gr. 16 di sangue, mescolato con 25 c. c. reattivo Bierry-Portier. Si sono poi iniettati per la giugulare gr. 5 amido solubile. Erba sciolti in 80 c. c. soluzione isotonica e fatti bollire a lungo.

Dopo 20 minuti dall'iniezione si è preso un secondo saggio di sangue direttamente dalla carotide di gr. 25 mescolati con 25 c. c. reattivo Bierry-Portier dosamento del glucosio col metodo di Allihn.

1° saggio gr. 16 sangue - Glucosio 0,020 in mille gr. 1,25.
2° saggio gr. 25 sangue - Glucosio gr. 0,0285 in mille gr. 1,14 glucosio.

Questo risultato, sul quale dobbiamo ritornare in altra memoria, dimostra che mentre l'amido cotto, secondo le numerose esperienze già citate, viene saccarificato dal sangue fuori dei vasi, questo non avviene nel sangue circolante.

(1) Böhm e A. Hoffmann, Ueber das Verbalten des Glykogens nach Injection desselben in der Blutkreislauf. Arch. f. exp. Pathol. m Pharmak. Bd. VII p. 489. 1877.

Moscati (1) nel suo esteso lavoro sul contegno dell'amido iniettato nelle vene, ammette una trasformazione di esso in glicogene che si deposita come tale, ma non menziona la trasformazione in glucosio. Shigenobu Kuriyama (2) in una comunicazione sull'influenza delle iniezioni di peptone sullo zucchero contenuto nel sangue nota che l'amido solubile non esercita azione sopra lo zucchero contenuto nel sangue del coniglio normale, o sopra l'iperglicemia e la glicosuria epinefritica.

*
* *

La patogenesi della glicosuria e del diabete si presenta in base a queste esperienze sotto un nuovo punto di vista, quello più naturale e più logico nella patogenesi delle malattie, cioè di un esagerazione e deviazione di una funzione fisiologica dovuta al fermento diastasico per esagerata sua attività o deficiente azione di antifermenti.

Già vennero avanzate per il diabete ipotesi che si avvicinano a questo concetto.

Così Schiff (3) fino dal 1855 emise l'ipotesi che il diabete potesse dipendere da maggiore produzione di un fermento. Secondo Schiff le rane d'inverno sono ricche di glicogene, ma manca il fermento che può trasformarlo in zucchero e non si può in esse produrre il diabete.

Röhmann e Bial (1894) supponendo che la depolimerizzazione del glicogene in glucosio avvenga per opera dell'enzima amilolitico della linfa, mettono in rapporto la formazione del glucosio nel fegato ed altrove, con la quantità di enzima diastastico della linfa e, quindi, con le cause che possono farla variare. Il diabete, ad esempio, consecutivo a disturbi circolatori del fegato, potrebbe essere causato dal fatto che, in queste condizioni circolatorie, si verifica, secondo detti A., il passaggio di una maggiore copia di enzima diastasico in circolo.

Il diabete pancreatico si potrebbe così facilmente interpretare nel senso che la secrezione interna del pancreas serva a moderare e governare la mobilizzazione dello zucchero per opera del fermento diastasico. Montuori ha già sostenuto che il pancreas eserciti un'azione d'arresto sulla trasformazione del glicogene in zucchero.

---

(1) G. Moscati, Ueber das Verhalten der in den Organismus eingefürten Stärkelosung, Ablagerung der Stärke und Umvandlung in Glykogen. Zeit. f. phys. Chemie *Bd. 50* p. 73. 1906.

(2) Shigenobu Kuriyama, Biological Chem. *Bd. 29,* pg. 125. 1917.

(3) Schiff M., Untersuchungen über die Zuckebildung in der Leber. Würzburg 1858.

# CONCLUSIONE

L'ipotesi del Bernard che il glicogene risparmiato nel fegato, nei muscoli ed in altri tessuti, venga mano mano trasformato, secondo i bisogni, in glucosio per opera di un fermento, manca ancora in una diretta dimostrazione, quantunque sia resa probabile dalle esperienze di vari autori sulla presenza di un fermento diastasico nel fegato e nel siero del sangue. Ma si tratta di esperienze *in vitro* e non *in vita* e sappiamo quanto bisogni in questo caso andare guardinghi nel concludere. Così ad es. il fermento glicolittico sul quale si sono costruiti tanti lavori fittizi si forma, secondo Arthus, soltanto nel sangue cavato dai vasi. Inoltre la scoperta fatta dei così detti fermenti protettori poteva far credere che al fermento diastasico trovato nel sangue e nel fegato spettasse questo ufficio e non una funzione speciale regolatrice della mobilizzazione dello zucchero nell'organismo.

Le nostre esperienze danno la diretta dimostrazione di siffatta funzione. Noi abbiamo trovato che iniettando in una vena una soluzione di takadiastasi si produce un'iperglicemia: il sangue cavato dalla carotide 20 minuti dopo l'iniezione contiene almeno un terzo in più di glucosio: l'aumento non si conserva a lungo ed è quasi scomparso dopo un'ora. Si è prodotto in grado minore anche col fermento epatico in soluzione di fluoruro di sodio; il quale del resto anche in vitro aveva un lieve potere saccarificante per l'amido.

Che la takadiastasi agisca esclusivamente come fermento venne messo fuori di ogni dubbio perchè una soluzione bollita della stessa sostanza non produsse affatto iperglicemia, la quantità di zucchero del sangue rimase immodificata.

Il fatto che dopo un'ora cessa l'azione del fermento dimostra che nell'organismo esistono dei meccanismi che possono regolarne e moderarne gli effetti, rappresentati forse dagli antifermenti trovati da alcuni autori.

Un' ulteriore conferma si ha nel fatto che se il *glicogene* viene direttamente iniettato in circolo, si ha iperglicemia per la sua trasformazione in glucosio e si comprende quindi perchè esso non circoli come tale. Invece se si inietta dell'*amido* non si ha iperglicemia, quantunque l'amido venga saccarificato dal sangue fuori dei vasi; un contegno ben diverso in vitro che in vita.

La patogenesi della glicosuria e del diabete viene da queste esperienze chiarita e si può considerare effetto dipendente o da esagerazione della funzione fisiologica del fermento diastasico, o da indebolita e mancante azione dei meccanismi fisiologici di neutralizzazione dei fermenti, cioè degli antifermenti. Il diabete pancreatico si potrebbe spiegare facilmente ammettendo che il prodotto di secrezione interna del pancreas eserciti nello stato normale un' azione moderatrice e di arresto sul fermento diastasico; ipotesi analoga a quella già formulata dal Montuori.

# STRATIFICAZIONI E TEMPERATURA

NOTA

DEL

**Prof. LAVORO AMADUZZI**

letta nella Sessione dell' 11 Febbraio 1917

(CON 4 FIGURE NEL TESTO)

**1.** — Intorno al singolare ed interessante fenomeno della stratificazione della scarica in gas rarefatto sono note le seguenti particolarità più notevoli :

1°) A parità di tutte le altre condizioni, col progredire della rarefazione del gas, essa apparisce ad una determinata pressione nella colonna positiva, iniziandosi all'estremo di questa più prossimo al catodo e propagandosi grado grado verso l'anodo.

2°) Siffatta pressione varia colla natura del gas, e colla natura del gas varia anche, a parità di tutte le altre condizioni, la grossezza degli strati.

3°) La formazione degli strati in un tubo avente varia sezione nelle sue varie parti, apparisce prima e più facilmente nelle regioni a sezione minore.

4°) Secondo Goldstein (1) la grossezza degli strati varia colla pressione obbedendo alla legge espressa dalla seguente formula :

$$\frac{d}{d_0} = \left(\frac{p_0}{p}\right)^m,$$

nella quale $d$ e $d_0$ sono le distanze fra gli strati successivi alle pressioni $p$ e $p_0$ rispettivamente, ed $m$ è un numero positivo minore dell' unità. Legge questa che secondo Ebert (2) esprime anche la grossezza dello spazio oscuro del Crookes, legata d'altra parte, come è ben noto, da una relazione di proporzionalità diretta, al valore del libero cammino medio delle molecole del gas.

**2.** — Mi è parso opportuno indagare l'influenza che sui caratteri e sugli elementi della scarica in genere abbia la temperatura, giacchè essa si fa sentire in maniera ben netta sul valore del libero cammino medio delle molecole dei gas, ed in generale sul processo cinetico degli aeriformi.

(1) *Wied. Ann.* XV, pag. 277. 1882.
(2) *Wied. Ann.* LXIX, pp. 200, 372. 1899.

Avendo ottenuti alcuni risultati qualitativi intorno al fenomeno della stratificazione, li comunico in riassunto con questa mia Nota.

Le osservazioni, fatte con vari tubi a vuoto, dettero risultati concordanti. Qui, per chiarezza, mi riferisco ad un tubo cilindrico, contenente aria, munito di elettrodi fili-

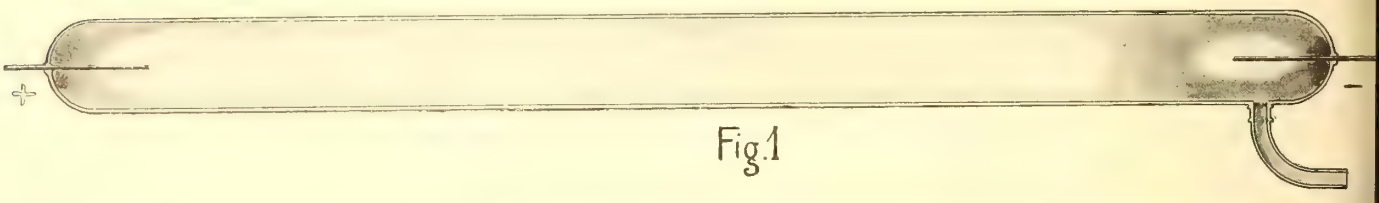



Fig.1

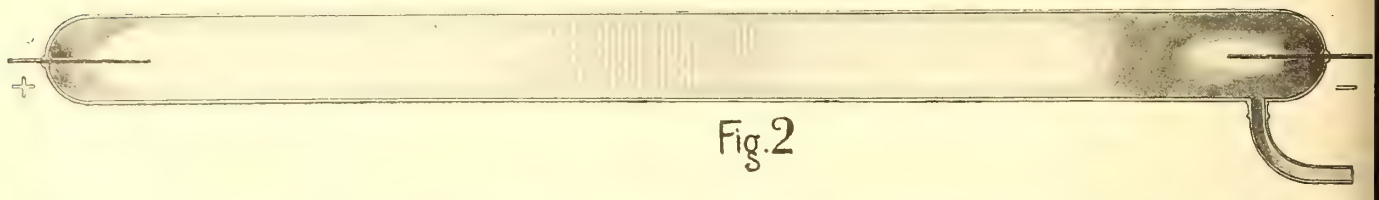



Fig.2

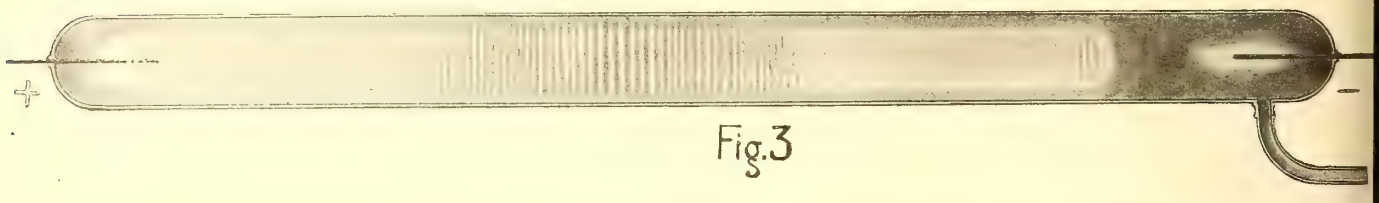



Fig.3

formi, collegato con una pompa pneumatica e con un manometro, e messo in azione con un rocchetto d'induzione.

Ecco i risultati:

*a*) Raggiunta la formazione di una netta colonna positiva (Fig. 1) rosea, riscaldando con una fiamma Bunsen la regione mediana di questa, si nota, in essa, il formarsi di finissimi strati, di grossezza decrescente ai lati della regione direttamente riscaldata (Fig. 2).

*b*) Proseguendo nel riscaldamento, gli strati aumentano di grossezza ed il processo di loro formazione si propaga verso l'anodo (Fig. 3) pur estendendosi, in misura assai minore però e più tardi, verso il catodo.

*c*) Riscaldando tutto il tubo si ottiene la stratificazione regolare di tutta la colonna positiva; cresca, in conseguenza dell'aumento di temperatura, o si mantenga costante la pressione.

Si può dunque concludere che il processo di stratificazione della scarica può raggiungersi oltre che per diminuzione di pressione e di sezione del tubo, anche per aumento di temperatura.

Ho inoltre constatato:

*d*) Che se si riscalda un tubo nel quale la colonna positiva sia già stratificata indipendentemente dal riscaldamento, apparisce un aumento della grossezza degli strati.

Tale aumento si direbbe avvenire in misura minore di quel che non avvenga corrispondentemente l'aumento di temperatura.

La Fig. 4 *a*) riproduce la fotografia della colonna positiva stratificata di un tubo a vuoto. Vi si contano 26 strati.

La Fig, 4 *b*) riproduce la fotografia della medesima colonna positiva riscaldata nella regione *r*. Gli strati sono ancora 26. L'aumento di grossezza degli strati è evidente, specialmente se si considera la colonna nel suo complesso e ci si vale delle due rette di riferimento $AA'$ e $BB'$.

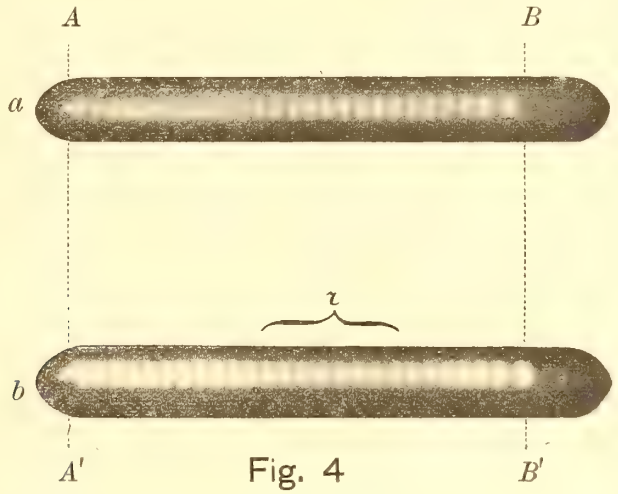


Fig. 4

**3.** — Dalle osservazioni sinora eseguite, mi pare apparisca opportuno modificare la formula del Goldstein più sopra riportata includendo in essa la temperatura. Sembrerebbe che l'elemento temperatura intervenisse nel fenomeno della stratificazione in modo da poter scrivere:

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^m \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^n,$$

ove $d_1$ e $d_2$, $p_1$ e $p_2$, $t_1$ e $t_2$ sono i valori corrispondenti della distanza degli strati, della pressione e della temperatura, ed $m$ ed $n$ numeri positivi minori dell'unità.

Naturalmente indico questa formola come ipotesi, ben persuaso che a darle valore occorrono altre osservazioni, e misure.

**4.** — Dirò per ultimo e per incidenza di aver constatato che la variazione di temperatura di un gas attraversato dalla scarica determina oltre a variazioni nell' aspetto della scarica stessa, una variazione nella intensità della corrente di scarica. Su ciò spero di poter riferire con altra mia comunicazione.

# SUGLI INSUCCESSI DELLA NEVRECTOMIA DEL TIBIALE ANTERIORE E POSTERIORE NEI SOLIPEDI

MEMORIA

DEL

**Prof. ANGELO BALDONI**

(Letta nella Sessione del 28 Gennaio 1917).

Per combattere il disturbo funzionale che accompagna l'artrite tarsica nei solipedi, come è noto, Spooner nel 1841 propose la nevrectomia dello sciatico (tibiale posteriore), la quale dette qualche buon risultato a Stanley, a Günther ed a Renner, risultati negativi ad Hertwig, a Dieckerhoff e ad altri. Alla nevrectomia del tibiale posteriore, Hertwig associò quella del lungo cutaneo alla faccia esterna della gamba, Dieckerhoff quella del safeno interno e Möller quella del lungo cutaneo, del safeno interno e del peroneo, ma non ottennero un miglioramento apprezzabile del disturbo funzionale.

La questione della nevrectomia del tibiale posteriore nell'artrite tarsica dei solipedi era stata completamente abbandonata in seguito ai numerosi esiti negativi e sembrava non aver più che un valore storico, quando Bosi nel 1897, dopo accurate ricerche anatomiche, le quali gli dimostrarono che il garretto è innervato da rami del tibiale posteriore e del tibiale anteriore, eseguì la nevrectonia di questi due tronchi nervosi ed in base ai buoni risultati ottenuti in 6 casi, di cui uno con artrite del garretto destro e cinque con artrite d'ambo i garretti, consigliò questa operazione specialmente nei soggetti in cui tutte le altre risorse terapeutiche hanno fallito.

Da questo momento la nevrectomia del tibiale anteriore e posteriore è diventata comunissima e noi, persuasi da tempo che molti degli accidenti consecutivi alla nevrectomia in generale sono eliminati operando in modo rigorosamente asettico e che altri, dipendenti da disturbi trofici, non sono così frequenti come taluni ritengono, in molti casi di artrite tarsica recenti o di vecchia data ma non curati, vi siamo direttamente ricorsi senza prima tentare l'impiego di altri mezzi terapeutici, e ciò per risparmio di tempo e per la grande fiducia che sempre abbiamo avuta in essa.

Abbiamo praticata la nevrectomia del tibiale anteriore più spesso nel punto indicato da Bosi che in quello suggerito più recentemente da Schmaltz e da Mensa, perchè non

è sempre vero che in quest' ultimo è più facile la ricerca del nervo e perchè possono prodursi con facilità delle lesioni dei rami motori destinati ai muscoli estensori delle falangi, come è accaduto un paio di volte a Frick. Invece nella nevrectomia del tibiale posteriore in questi ultimi tempi ci siamo attenuti al punto indicato da Mensa, perchè qui la ricerca del nervo riesce effettivamente più facile. Anche Frick, qualche anno prima della comparsa del lavoro di Bosi, aveva proposto di praticare la nevrectomia del tibiale posteriore 15-25 cm. al disopra della testa del calcaneo a seconda della taglia degli animali, cioè più in alto del punto indicato da Bosi e presso a poco in corrispondenza di quello suggerito recentemente da Mensa.

In generale con la nevrectonia del tibiale anteriore e posteriore abbiamo ottenuto risultati ottimi ed anche in cavalli con artrite tarsica con rilevanti fatti obbiettivi non solo alla faccia mediale, ma anche alle altre faccie della regione, accompagnata da un disturbo funzionale gravissimo, abbiamo avuto la scomparsa immediata della zoppicatura.

In alcuni soggetti però, fortunatamente non numerosi, il disturbo funzionale è rimasto della stessa intensità di prima. Tali insuccessi, registrati anche da altri, non potevano essere legati, secondo l'ipotesi emessa da Mensa, a nevrectomia incompleta, nè alla gravità delle lesioni, perchè si erano verificati anche in cavalli con manifestazioni d' artrite tarsica apparentemente non molto accentuate. Un caso d' insuccesso completo capitatoci lo scorso anno ci ha permesso di riconoscerne la causa, essendoci stato possibile eseguire l' autopsia.

Trattasi di un cavallo sauro, di razza incrociata, alto m. 1,65, di anni 15, appartenente al R. Esercito (3° Reggimento di Artiglieria da Campagna), entrato in Clinica il 2 Ottobre 1915.

Dall' anamnesi si seppe che il cavallo zoppicava da più mesi dall' arto posteriore sinistro e che presso il Reggimento non era stata fatta alcuna cura.

All' esame d' ispezione si notavano gli ordinari fatti obbiettivi dell' artrite tarsica a livello dell' articolazione tarso-metatarsica e mediotarsica, discretamente accentuati alla faccia mediale, lievissimi alla faccia laterale del garretto sinistro. Il disturbo funzionale, abbastanza grave, per i suoi caratteri era riferibile all' artrite tarsica, però esso presentava la particolarità, oppostamente a quanto si verifica nella grande maggioranza dei solipedi affetti da questa artrite, di rendersi più accentuato col moto.

Il 4 Ottobre praticammo la nevrectomia del tibiale anteriore a 12 cm. al di sopra della piega del garretto, come consigliò Bosi, e la nevrectomia del tibiale posteriore nel punto indicato da Mensa. La ricerca dei due nervi riuscì facilissima e, come solito, di ciascuno di essi asportammo 4 cm. circa. Le ferite operatorie cicatrizzarono di prima intenzione. Il disturbo funzionale però rimase della stessa intensità di prima; era meno accentuato il carattere di « molla a scatto » della flessione del garretto, ma questo si fletteva in una misura molto limitata.

Non potendo spiegare l' insuccesso con un errore di diagnosi, perchè il caso clinico era chiarissimo e perchè con sicurezza poteva essere esclusa l' esistenza di lesioni in altre

regioni dell' arto, pensammo che la nevrectomia del tibiale arteriore, fatta al terzo inferiore della gamba, per ragioni indipendenti dall' atto operativo che era stato eseguito con la massima cura, fosse riuscito incompleta. Il 5 Novembre coricammo il cavallo e praticammo una nuova nevrectomia del tibiale anteriore nel punto d' elezione indicato da Schmaltz e da Mensa ed asportammo 6 cm. circa di nervo. La ferita anche ora cicatrizzò di prima, ma la zoppicatura non si modificò.

Nessun dubbio poteva rimanere relativamente alla nevrectomia del tibiale posteriore, la quale era avvenuta in modo perfetto e la breccia era cicatrizzata di prima intenzione e senza rilevante ispessimento. Tuttavia verso la fine di Novembre, nel cavallo coricato, mettemmo allo scoperto per un tratto notevole e senza emostasia preventiva, i due collaterali dello stinco che trovammo molto sottili e su d' essi applicammo stimoli elettrici e stimoli meccanici di varia natura fino a produrre un vero maltrattamento e la dilacerazione, ma non ottenemmo neppure la più piccola reazione da parte dell' animale.

Il cavallo, dichiarato inguaribile, dietro nostra richiesta ci fu gentilmente ceduto a titolo di studio. Lo tenemmo in vita per altri 7 mesi circa, durante i quali in molte occasioni tornammo ad esaminarlo e i risultati di tutte le possibili indagini cliniche ci confermarono sempre la esattezza della diagnosi. In questo frattempo la tumefazione del garretto era un po' aumentata, specialmente al lato mediale, ed erasi estesa in alto fino al di sopra dell' articolazione tibio-astragalica in modo che la distanza fra la estremità dei due malleoli della tibia sinistra appariva leggermente più grande di quella fra le estremità dei due malleoli della tibia destra. Il disturbo funzionale era sempre identico, aumentava durante il lavoro e dopo due o tre giorni di riposo assoluto diminuiva.

Abbattuto il cavallo il 27 Giugno, facemmo l' autopsia e nel modo più accurato possibile esaminammo i varii tessuti della regione lombare, della regione sacrale e di tutto l' arto posteriore sinistro. Del protocollo d' autopsia riportiamo soltanto i dati principali.

I nervi tibiale anteriore e posteriore, sia per la loro posizione, sia per le loro diramazioni, non presentavano nulla di anormale; fra i loro monconi esisteva uno strato di tessuto connettivo cicatriziale; i monconi inferiori e le loro diramazioni erano profondamente atrofici. Nei tessuti molli, nelle ossa e nelle articolazioni non fu possibile riscontrare, per quanto attentamente ricercate, lesioni apprezzabili, fatta eccezione del garretto in cui esistevano le lesioni caratteristiche dell' osteo-artrite.

La metà inferiore del garretto era circondata da neoformazioni ossee, le quali erano più accentuate a livello dell' articolazione tarso-metatarsica al lato mediale, ove si estendevano in alto, facendosi sempre più piccole e più rade, fino all' astragalo ed alla porzione antero-inferiore del calcaneo.

I legamenti capsulari anteriore e posteriore dell' articolazione tibio-astragalica erano molto ispessiti; la sinoviale corrispondente presentava piccole proliferazioni villose e l' articolazione conteneva scarsa quantità di sinovia torbida, con tinta leggermente rossastra.

I metatarsi, il grande ed il piccolo cuneiforme, lo scafoide ed il cuboide erano in gran parte saldati fra di loro; la superficie articolare superiore dello scafoide e quella inferiore dell' astragalo mostravano numerose erosioni, specialmente nella loro metà anteriore, di

dimensioni varie, colmate da tessuto midollare. Le due rive dell'astragalo erano uniformemente più grosse delle rive dell'astragalo destro, e la solcatura situata fra di esse era meno profonda del normale. La cartilagine di rivestimento delle rive e della solcatura era in parte assottigliata e in qualche punto erosa. La epifisi distale della tibia era più grossa della stessa epifisi della tibia destra; inoltre mostrava il malleolo interno più voluminoso del corrispondente malleolo di destra, le due cavità glenoidi più ampie e meno profonde, il rialto mediano più arrotondato, la cartilagine in alcune zone assottigliata, in altre caduta.

L'autopsia ha pertanto dimostrato che nell'arto esistevano esclusivamente le lesioni dell'artrite tarsica e che esse lesioni interessavano in misura diversa tutte le articolazioni del garretto.

Data questa estensione del processo, è logico pensare che la nevrectomia del tibiale anteriore e quella del tibiale posteriore non potessero dare risultato soddisfacente perchè mediante esse non poteva esser soppressa la sensibilità in tutte le parti in cui avevano sede le lesioni.

Il tibiale anteriore, come è indicato nei più recenti trattati di anatomia e più particolarmente come hanno dimostrato le ricerche di Bosi e quelle di Caradonna, a livello dell'articolazione astragalo-scafoidea si divide in due rami, cioè il laterale ed il mediale.

Il ramo laterale od esterno alla distanza di un centimetro e mezzo a due centimetri dalla divisione del tibiale anteriore dà tre branche. La prima di queste, abbastanza considerevole va al muscolo pedidio. La seconda, più sottile, accompagnata dall'arteria pedidia perforante, passa nel condotto tarsico, limitato dal cuboide, dallo scafoide e dal grande cuneiforme, manda dei filamenti al legamento cuboido-scafoideo profondo, al legamento scafoido-cuneiforme e si perde nella faccia profonda del legamento astragalo-metatarsico. La terza, parallela alla seconda, va sopra l'estremità inferiore del legamento laterale superficiale del garretto, penetra fra il metatarso principale ed il rudimentale laterale, ascende fra il cuboide ed il grande cuneiforme e si esaurisce sul legamento cuboido-cuneiforme profondo.

Il ramo laterale, dopo aver date le tre descritte branche, continua in basso e termina con numerosi filamenti sotto la pelle della faccia laterale del nodello.

Il ramo mediale invece non provvede affatto alla innervazione del garretto: esso scende obliquamente in dentro ed in basso, passa sotto il muscolo pedidio e sotto l'ultima delle briglie tarsiche, segue la faccia mediale del metatarso principale e termina con varii filamenti sotto la pelle della faccia mediale ed anteriore del nodello.

Il tibiale posteriore in corrispondenza della sommità del calcaneo, ora un po' più in alto, ora un po' più in basso, si divide nei suoi due rami terminali, cioè il plantare laterale ed il plantare mediale.

Il plantare laterale a livello dell'articolazione calcaneo-cuboidea si divide in due branche della medesima grossezza, una delle quali scende perpendicolarmente seguendo il margine esterno del tendine del flessore profondo delle falangi, l'altra, chiamata da Bosi

branca tarso-metatarsica, si dirige in basso, piega sensibilmente verso l'interno del garretto insinuandosi sotto il tendine del flessore profondo e viene a contatto con la faccia posteriore dell'organo elastico del Ruini.

Questa branca a livello dell'articolazione tarso-metatarsica dà due collaterali mediali ed una laterale.

La prima collaterale mediale, dopo aver mandato dei filamenti alla porzione superiore dell'organo elastico del Ruini, si dirige in alto e internamente, sul margine posteriore del grande cuneiforme si sdoppia; una parte insieme all'arteria pedidia perforante penetra nel condotto cuboido-scafoido-cuneiforme e va al legamento cuboido-cuneiforme profondo ed al legamento scafoido-cuneiforme; l'altra passa nello spazio compreso fra lo scafoide ed il grande ed il piccolo cuneiforme e si distribuisce esclusivamente al legamento scafoido-cuneiforme.

La seconda collaterale mediale manda dei filamenli al sospensore del nodello e fra il metatarso rudimentale mediale ed il metatarso principale, si dirige in alto, passa tra il grande ed il piccolo cuneiforme e si distribuisce ai legamenti intercuneiforme, calcaneo-scafoideo, calcaneo-cuboideo, calcaneo-cuneiforme e calcaneo-metatarsico.

La branca collaterale laterale, dopo aver dato un ramo di rinforzo al ramo terminale, manda dei filamenti alla porzione superiore del sospensore del nodello ed al tessuto fibroso che unisce il metatarso rudimentale laterale al metatarso principale.

La branca tarso-metatarsica continua il suo percorso sulla faccia posteriore del metatarso principale, fra questo ed il metatarso rudimentale mediale; riceve un ramo di rinforzo dalla collaterale laterale giá indicata; si dirige obliquamente in dentro e termina con numerosi filamenti sotto la pelle della faccia interna del nodello.

Il plantare interno non partecipa affatto alla innervazione del garretto.

Per mettere meglio in evidenza la distribuzione dei nervi tibiale anteriore e posteriore riportiamo il seguente quadro, nel quale i legamenti innervati dal tibiale anteriore sono sottosegnati con linee, quelli innervati dal tibiale posteriore con croci, e quelli che ricevono rami da tutti e due i tibiali con linee e con croci.

- **Articolazione tibio-tarsica o tibio-astragalica.**
  - legamenti laterali
    - superficiale
    - profondo
  - legamenti mediali
    - superficiale
    - mediano
    - profondo
  - legamento anteriore
  - legamento posteriore

- **Articolazione fra le ossa della serie prossimale o astragalo-calcanea.**
  - legamento astragalo-calcaneo superiore
  - legamento astragalo-calcaneo laterale
  - legamento astragalo-calcaneo mediale
  - legamento astragalo-calcaneo interosseo

- **Articolazione fra le ossa della serie distale.**
  - legamento interosseo scafoido-cuneo cuboideo
  - legamento interosseo scafoido-cuneiforme
  - legamento interosseo intercuneiforme
  - legamento cuboido-scafoideo
  - legamento cuboido-cuneiforme

- **Articolazione fra le ossa delle due serie o medio-tarsica.**
  - legamento calcaneo-scafoideo
  - legamento calcaneo-cuboideo
  - legamento calcaneo-cuneiforme
  - legamento calcaneo-metatarsico
  - legamento astragalo-metatarsico

- **Articolazione tarso-metatarsica.**
  - legamento plantare
  - legamento dorsale
  - legamento cuneo-metatarsico

Dai brevi ricordi anatomici riportati e più specialmente dal quadro sopra esposto risulta in modo evidente che i nervi tibiale anteriore e tibiale posteriore si distribuiscono alla articolazione tra le ossa della serie distale, alla articolazione medio-tarsica ed a quella tarso-metatarsica, e che essi nervi non innervano l'articolazione tra le ossa della serie prossimale, nè quella tibio-astragalica. Va anche tenuto presente che i lunghi legamenti laterali superficiali tibio-astragalici, i quali terminano sui metatarsi e lungo il loro percorso si fissano su varie ossa del tarso agendo anche come legamenti di diverse articolazioni, non sono innervati dal tibiale anteriore, nè dal tibiale posteriore.

Non si può pensare che i rami che vanno alle articolazioni tarsiche inferiori mandino da qui dei filamenti anche alle articolazioni superiori e specialmente all'articolazione tibio-astragalica, perchè i nervi, come i vasi, che si distribuiscono ad articolazioni molto mobili, debbono avere una disposizione diversa da quella che hanno i nervi che vanno ad articolazioni a movimenti molto limitati. Molto probabilmente i nervi che provvedono all'innervazione dell'articolazione tibio-tarsica debbono correre per un certo tratto, prima di giungere all'articolazione, parallelamente alla tibia.

Dato il campo d'innervazione dei due tibiali, anteriore e posteriore, la nevrectomia di essi nervi in moltissimi casi dà ottimo risultato perchè il processo osteo-artritico in generale è localizzato nelle articolazioni tarsiche inferiori e specialmente al lato mediale. Ma quando il processo interessa anche le articolazioni superiori, la nevrectomia potrá portare una modificazione sul carattere del disturbo funzionale, come abbiamo notato nel caso sopra descritto, ma non ne può modificare sensibilmente l'intensità.

La estensione del processo artritico alle articolazioni tarsiche superiori però non è sempre clinicamente dimostrabile, perchè l'esame d'ispezione semplice, di palpazione ed anche di misurazione nei soggetti con lesioni iniziali non dà risultato positivo, e non ha sempre un valore assoluto il fatto che col moto il disturbo funzionale invece di diminuire, come avviene di solito nelle osteo-artriti localizzate esclusivamente alle articolazioni tarsiche inferiori, aumenta, fatto ancora non messo in evidenza da altri, o per lo meno non riferito alla estensione del processo alle sezioni superiori del garretto. Per queste ragioni la nevrectomia dei due tibiali deve dare necessariamente un certo numero di insuccessi.

Le ricerche già iniziate speriamo che ci permettano di stabilire in modo esatto quali nervi vanno alle articolazioni tarsiche superiori e di indicare eventualmente quale altra nevrectomia possa essere consigliabile nei casi in cui quella del tibiale anteriore e quella del tibiale posteriore, per la notevole estensione del processo osteo-artritico, non hanno dato risultato soddisfacente.

# BIBLIOGRAFIA

Barpi. — Compendio di anatomia descrittiva del cavallo. Ediz. 2. Vol. 1. Pisa 1907.

Bosi. — Contributo alla cura dello sparagagno. Il Nuovo Ercolani 1897 p. 328 e 344.

Caradonna. — Ricerche sulla costituzione del plesso lombo-sacro, sulla origine e distribuzione dei suoi rami terminali con particolare riguardo alla innervazione del garretto negli equini. Perugia 1906.

Chauveau, Arloing, Lesbre. — Trattato di anatomia comparata degli animali domestici. Trad. del Prof. Mongiardino. Vol. 2. Torino 1910.

Dieckerhoff. — Die Pathologie und Therapie des Spat der Pferde. Berlin 1875.

Ellenberger u. Baum. — Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin 1906.

Franck. — Handbuch der Anatomie der Hausthiere mit besonderer Berücksichtigung des Pferdes. Stuttgart 1871.

Frick. — Grundriss der antiseptischen Wundbehandlung für Tierärzte. Stuttgart 1890.

Id. — Tierärztliche Operationslehre. Berlin 1912.

Hertwig. — Praktisches Handbuch der Chirurgie für Thierärzte. Berlin 1874.

Martin. — Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Vol. 2. Stuttgart 1904.

Mensa. — Nuovi processi operativi per la nevrectomia del tibiale posteriore ed anteriore nei solipedi. Clinica Veterinaria 1912 p. 517 e 576.

Möller. — Lehrbuch der speciellen Chirurgie für Thierärzte. Stuttgart 1891.

Mongiardino. — Manuale di anatomia descrittiva comparata degli animali domestici. Vol. 2. Torino 1907.

Schmaltz. — Anatomische Notizen. Berliner tierärzttiche Wochenschrift 1905 p. 113.

Stanley. — Citato da Dieckerhoff, da Bosi, ecc.

Struska. — Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Wien u. Leipzig 1903.

Varaldi. — Anatomia veterinaria. Vol. 2. Enciclopedia italiana di veterinaria. Edit. Vallardi. Milano,

Zimmerl. — Trattato di anatomia veterinaria. Vol. 3. Sistema nervoso. Edit. Vallardi. Milano.

# AVANZI FOSSILI DI CETACEI A FANONI

## DEL R. MUSEO GEOLOGICO DI BOLOGNA


MEMORIA

DEL

PROF. SEN. GIOVANNI CAPELLINI



letta nella Sessione del 6 Maggio 1917.


Le prime notizie intorno a resti di Cetacei fossili con fanoni sono dovute a Giacomo Biancani che nel 1752, con una Memoria inserita nel Tomo IV dei Commentari della nostra Accademia, illustrava alcune vertebre raccolte a Monte maggiore, non molto distante dal Balzo del Musico e da S. Lorenzo in collina, e un frammento di mandibola di Balenottera. Più volte ho avuto a ricordare e lamentare come vane riescirono le più accurate ricerche per ritrovare quei fossili, probabilmente perduti perchè conservati in collezioni private avranno subìto la sorte toccata alla bella *Cicadeoidea*, illustrata da Monti con una Memoria dal titolo *Balanorum Congeries*, inserita essa pure nei volumi dell' Accad. nostra.

Dopo che, per fortunate ricerche, nei dintorni di S. Lorenzo in Collina nel 1862 si scoprirono avanzi di delfini e di balenottere, interessandomi in modo particolare dei cetacei fossili, ebbi a far conoscere quanto si trovava nel museo della R. Università di Napoli proveniente da Terra d'Otranto e dalla Calabria. In seguito mi occupai di importanti resti di cetacei fossili dei Musei di Storia naturale di Lecce, Firenze, Torino, Pisa e frattanto esplorando le valli della Fine, del Mormolajo, della Cecina e molte altre località delle provincie di Pisa, Livorno, Siena potei raccogliere importanti materiali per la cetologia fossile italiana. Grande aiuto per ciò m'ebbi dal cavaliere Roberto Lawley di Montecchio il quale giovandosi di abili cercatori di Orciano pisano per raccogliere, nel pliocene dei dintorni di quella località denti di pesci, a me riservava tutto quanto si riferiva a cetacei. Disgraziatamente presto si incontrarono difficoltà, per i nostri cercatori di ossa fossili, da parte dei proprietarii dei terreni e, per i resti di una balenottera, vi fu una accusa formale di avere scavato ed esportato un tesoro, con mandato e connivenza del cavaliere Lawley di Pisa, ricettatore il professore Capellini della Università di Bologna il quale ebbe la visita, non inaspettata, dei RR. Carabinieri per il sequestro della roba rubata che doveva servire di base alla accusa e condanna degli Orcianesi cercatori di fossili e dei loro mandatarii. Quel disgustoso e nel tempo stesso burlesco avvenimento e la morte improvvisa e inaspettata del Lawley che ricompensava largamente quei bravi operai, ogni qual volta portavano qualche fossile che a lui pareva nuovo o particolarmente interessante, fece ral-

lentare le ricerche e quindi l'affluenza al museo di Bologna di resti di cetacei fossili dalle citate classiche località toscane.

Ma ormai l'attenzione dei naturalisti e le mie insistenti raccomandazioni a quanti si trovavano in condizione di poter contribuire alla scoperta di avanzi di cetacei fossili, mi assicuravano che il museo geologico di Bologna non avrebbe avuto a temere la concorrenza con altri e che, anzi, tutti avrebbero volontieri contribuito ad arricchirlo.

Dei più importanti resti di cetacei fossili che, dal 1862 fino ad oggi, ho potuto scavare, acquistare, avere in comunicazione per studio, già mi sono occupato con diverse Memorie corredate di opportune tavole con buone figure delle ossa più caratteristiche.

E poichè gli avanzi di Cetacei a fanoni, o *Mistacoceti*, sono i più abbondanti ed anche i più importanti fra i resti di *Talassoterii* del nostro Museo a questi ho dato la preferenza, lieto di potere annunziare che nella nostra collezione già vi hanno oltre ottanta notevoli porzioni di scheletri e frammenti caratteristici di ben dieci generi rappresentati da ventotto specie già riconosciute e in parte illustrate. Restano però notevoli avanzi di cetacei a fanoni meritevoli di particolare considerazione e porzioni di ossa caratteristiche le quali possono essere anche utilizzate per opportuni confronti.

Persuaso dell'interesse di far conoscere tutto quanto si trova nel nostro Museo a disposizione degli studiosi, anche per quanto spetta a cetacei, ho pensato di fare per questi ciò che pure ho fatto utilmente per gli avanzi di rinoceronti, di mastodonti e di elefanti.

I più antichi resti di cetacei a fanoni, finora conosciuti e bene accertati, si riferiscono a Balenottere; e furono trovati nel terziario medio e più esattamente nella mollassa (arenaria del miocene medio). Fu contestata e non è sicura la determinazione di una vertebra raccolta nell'*Hampshire* in un piano riferito all'Oligocene. Nel Belgio i primi resti di balenottere bene accertati furono raccolti in notevole quantità negli strati a *Terebrotula grandis* (sabbie Diestiane). Per l'Italia furono trovati avanzi di balenottere nella pietra leccese in Terra d'Otranto, nella pietra cantone in Sardegna e più recentemente nella arenaria miocenica del Monte Titano, Repubblica di San Marino. Verso la fine dell'epoca terziaria le balenottere o cetacei a fanoni corti raggiunsero il loro maggiore sviluppo e, in alcune località, per circostanze speciali le ossa di questi animali si accumularono in quantità prodigiosa come si è verificato ad Anversa. Nel pliocene italiano i primi importanti avanzi di balenottere furono furono raccolti nelle sabbie gialle del Piacentino.

Il giudice Cortesi professore onorario di geologia a Parma fino dal 1793, coadiuvato dal suo raccoglitore di fossili, aveva scoperto importanti resti di delfino a *Stramonte* nel Comune di Chiavenna, ma soltanto nel novembre del 1806 scopriva a Monte Pulgnasco lo scheletro quasi intero della balenottera, che pel primo descrisse e figurò nel 1819 e che ora perfettamente restaurata si ammira nel museo civico di Milano. Altro scheletro raccolto dal Cortesi nel 1816 a Montezago e altri importanti avanzi di balenottere rinvenuti dal signor Giovanni Podestà furono acquistati nel 1852 pel museo di Parma ove si trovano pure altri avanzi di misticeti raccolti posteriormente nei dintorni di Firenzuola e Castellarquato.

Fino dal 1830 il prof. Borson pubblicava la descrizione di alcune ossa di balena sco-

perte nei dintorni di Bagnasco (Asti) e nel 1862 il Gastaldi scavava resti d'una balenottera nel territorio di Cortandone e quei resti studiati dal prof. Brandt venivano figurati negli Atti della Accademia di Pietroburgo col nome di *Cetotherium Cortesii*.

Altri avanzi di una balenottera furono scavati a Ca-lunga, presso la Stazione di San Damiano (Asti) nel 1863 e finalmente a Montafia il Gastaldi fece scavare importanti avanzi di una balenottera che riferì al genere *Cetotherium* e illustrò con breve Nota col titolo « *Uno scheletro di Balena a Montafia* » (Asti). Torino Tipogr. Favale 1875. Di questa ultima importante località il museo di Bologna possiede avanzi di due balenottere che facevano parte della collezione di vertebrati fossili dell'Avv. Cantamessa acquistata nel 1891 essendo Ministro della Istruzione il Prof. Paolo Boselli.

Per la Toscana, il Baldassari fino dal 1767 ricordava alcune vertebre scavate a Monte Pulciano e che egli riferiva al genere Balena, e quelle vertebre sono ancora conservate nel museo dei Fisiocritici di Siena.

Importanti avanzi di un cetaceo a fanoni scoperto a Montopoli (Pisa) nel 1854, trovavansi nel Museo di Storia naturale di Firenze con la semplice indicazione: *Balena donata a S. A. I. R.* e per essi nel 1876 proposi il nuovo genere *Idiocetus*.

Con questo nello stesso Museo trovansi pure avanzi di balene e di balenottere, in parte donati dal cavaliere Lawley, e taluni già da me pure illustrati.

Premessi questi brevi cenni intorno ai principali giacimenti di misticeti fossili, per la maggior parte stati raccolti nella seconda metà del secolo passato, principalmente in Piemonte, nel Piacentino, nel Bolognese, in Toscana comincerò a dire delle *Balaenopteridae*.

## *MYSTOCOCETI*

## BALAENOPTERIDAE

### Genere ***Aulocetus***, P. J. Van Beneden

### ***Aulocetus Sammarinensis***, Capellini

La collezione delle piccole balenottere del Miocene si inizia coi resti della Balenottera di San Marino che il Marmista Reffi nel 1897 scopriva sulla vetta del Monte Titano a 570 metri sul livello del mare scavando pietre per la costruzione del nuovo palazzo della Reggenza. Quei resti già illustrati con la Memoria speciale stampata nel tomo IX, Serie V, furono quasi interamente estratti dalla roccia nella quale si trovavano originariamente sepolti, e qui basterà di ricordarli e di annoverarli.

Cranio completo e perfettamente isolato.

*a*) Mandibola destra, frammenti.

*b*) Mandibola sinistra ben conservata, descritta e figurata nella Memoria sopra citata.

*c*) Atlante o prima vertebra cervicale, incompleta.

*d*) Terza vertebra cervicale, incompleta.

*e*) Prima vertebra dorsale, incompleta.

*f*) Porzione di omoplata?

*g*) Parecchi dischi epifisiarii di vertebre.

*h*) Porzioni notevoli e frammenti di coste.

*i*) Modello del cranio, come si trovava prima di essere liberato dalla roccia, visto per la faccia inferiore.

Alcune porzioni di coste non liberate completamente dalla roccia sono conservate in un masso della roccia stessa che, fuori serie, si trova affisso alla parete presso la porta di accesso alla sala dei Chelonii.

Tutti i resti sopra indicati, meno l'ultimo esemplare della roccia con avanzi di coste, sono conservati riuniti in scaffale apposito.

### ***Aulocetus calaritanus***, Capellini

Dalla cava di *Pietra cantone* di S. Michele presso Cagliari provengono i resti delle due balenottere mioceniche sarde riferite al genere *Aulocetus*, ma distinte dalla specie classica dei dintorni di Linz e da altre dello stesso orizzonte geologico. Della Balenottera calaritana, la prima descritta nella Memoria sulle Balenottere di S. Michele, si hanno i seguenti resti.

Cranio incompleto.

*a*, *b*) Apparati auditivi isolati e meravigliosamente ben conservati. L'apparato auditivo sinistro fu descritto e figurato nella Memoria sopra citata.

*c*) Atlante, incompleto ma pure molto interessante per poterne apprezzare le principali caratteristiche.

*d*) Asse o seconda vertebra cervicale, pure incompleta.

*e*) Alcuni corpi di vertebre mal conservati e profondamente corrosi.

*f*) Frammenti di coste molto corrosi.

### ***Aulocetus Lovisati***, Capellini

Cranio incompleto ma con notevole porzione conservata che basta per ben distinguerlo dall'*A. calaritanus*.

Cassa timpanica dell'apparato auditivo sinistro, rimarchevole per le differenze caratteristiche che presenta in confronto con l'Auloceto di Cagliari.

*Aulocetus* sp. — Sono riferiti al genere Aulocetus: un frammento di mandibola e i corpi di parecchie vertebre dei quali il museo possiede modelli eseguiti con ogni maggior cura.

Gli originali, raccolti nella pietra leccese cavata a Galatone in Terra d'Otranto e conservati nel museo di Storia naturale della R. Università di Napoli provengono dalla antica collezione Costa e furono da me descritti e figurati insieme ad altri resti di balenottere avuti in comunicazione dal professore Guizzardi.

Frammento di mandibola.

Sesta vertebra cervicale.

Terza vertebra dorsale.

Sesta vertebra dorsale.

Prima vertebra caudale.

Frammenti di mascellari e di intermascellari provenienti dalle cave di San Cesario (dintorni di Lecce) furono donati dal cavaliere U. Botti.

Frammenti di coste.

Un bel frammento della cassa timpanica sinistra pure raccolto dal cavaliere Botti e donato nel 1879.

Altro piccolo frammento pure di una cassa timpanica sinistra raccolto a Padia, sempre in Terra d'Otranto, pure donato dal cavaliere Botti.

### Genere ***Heterocetus***, P. I. Van Beneden

### ***Heterocetus Guiscardii***, Capellini

I resti di questa interessante balenottera fossile illustrati nel 1877 (1) trovansi nel Museo di geologia della R. Università di Napoli; nel museo di Bologna vi hanno modelli perfetti degli esemplari descritti e figurati e cioè:

Apparato auditivo destro.

Mandibole destra e sinistra.

Vertebre cervicali terza, quarta, quinta, sesta porz., settima.

I resti di questa balenottera dei quali tenne gran conto anche il Van Beneden nell'ultima parte della sua famosa illustrazione dei cetacei fossili di Anversa provengono da Briatico (Golfo di Santa Eufemia in Calabria). Dalla citazione del Van Beneden (2) si potrebbe arguire che anche l'*H. Guiscardii* dovesse subire la sorte del *Plesiocetus Goropii* e cioè fosse da riferirsi piuttosto alla *Balaenoptera muscoloides*, ma per accurati confronti non sono riescito a potermi persuadere di un tale ravvicinamento. Dirò per altro che quando si possiede un discreto numero di esemplari grandemente cresce la difficoltà di distinguere nettamente tra generi che non hanno caratteristiche notevoli per essere possibile di differenziarli, quando si deve giudicare da frammenti spesso anche male conservati.

### ***Heterocetus brevifrons***, V. B.

Modello di rocca sinistra e relativa apofisi, dall'esemplare figurato da Van Beneden (T. 26 fig. 4) proveniente da Anversa.

*Heterocetus* sp. — Riferisco a questo genere un bellissimo apparato auditivo sinistro completo, proveniente da Lecce, basandomi sopra un complesso di caratteri desunti non solamente dalla cassa timpanica ma eziandio dalla rocca e sua relativa apofisi.

*Heterocetus* sp. — Rocca e apofisi dell'apparato auditivo destro, raccolto alle Pomarance presso Volterra.

Per questi due *Heterocetus* devo dichiarare lealmente che fui lungamente incerto per il loro riferimento generico e solamente deliberai tenendo gran conto della forma caratteristica delle relative apofisi.

(1) Capellini. — Balenottere fossili e Pachyachahtnus dell'Italia meridionale. Memorie della R. Accad. dei Lincei. Vol. I. Roma 1877.

(2) Van Beneden P. I. — Op. cit. troisiènne partie p. 65. Bruxelles MDCCCLXXXII.

*Heterocetus*, vel *Mesocetus ?* — Dieci esemplari della rocca dell'apparato auditivo destro e quattro esemplari dello stesso osso riferibili all'apparato auditivo sinistro avuti separatamente e senza altre ossa relative mi lasciano incerto, se con maggiore probabilità, possano spettare all'uno o all'altro genere.

Per l'insieme dei caratteri sono sicuro che si tratta di una piccola balenottera, ma non vi ha modo di precisarne il genere. Se qualcuno degli esemplari fosse stato raccolto insieme ad ossa caratteristiche ci sarebbe stato possibile di determinare almeno genericamente anche queste ossa assai bene conservate.

### Genere ***Idiocetus***, Capellini

Questo genere fondato coi resti di una balena scavata a Montopoli, annunziato per la prima volta nel 1876 (1) fu bene accolto e riconosciuto dal prof. Van Beneden che nel 1882 vi riferì interessanti resti di cetacei dei dintorni di Anversa e ne parlò ampiamente in modo che si potrebbe credere che l'*Idiocetus* di Montopoli da me dedicato a Guicciardini fosse semplicemente una specie nuova di genere da esso da antica data creato.

Il genere *Idiocetus* apparisce per la prima volta con la specie *Id. Guicciardini* e i resti conservati nel Museo di Storia naturale di Firenze sono tutti rappresentati da modelli nel museo di Bologna. Detti avanzi consistono in una notevole porzione di occipitale, ossa temporali, sfenoide, apparati auditivi, mandibole, omoplata, parecchie vertebre cervicali e dorsali e numerose coste (2). I resti di questa giovane balena scavati nel 1854 a Montopoli nella proprietà del Conte Guicciardini furono donati al museo di Storia naturale di Firenze.

### Genere ***Balaenoptera***

### ***Balaenoptera muscoloides***, V. B.

Quando ebbi ad occuparmi dei Cetacei fossili del museo geologico della R. Università di Napoli riferii al *Plesiocetus Goropii* di Van Beneden alcuni resti di Balenottere provenienti da Briatico e da Gravina (3).

P. I. Van Beneden aveva descritto con quel nome alcuni avanzi di Balenottere dei dintorni di Anversa dedicandole a Von Görp. (4) ma in seguito disponendo di migliore materiale cambiò parere e tutto quanto aveva descritto e riconosciuto per *Plesiocetus Goropii* fu riferito alla *Balaenoptera muscoloides.*

Nella Descrizione delle Ossa fossili di Cetacei dei dintorni di Anversa il celebre Cetologo nel fare questa correzione cita anche la mia Memoria e quanto di Briatico e di Gra-

(1) Capellini G. — Sulle balene fossili toscane. Atti della R. Accad. dei Lincei T. 3° Serie II. Roma 1876.

(2) Capellini G. — *Balene fossili toscane. Idiocetus Guicciardinii.* Mem. della R. Acc. delle Scienze di Bologna. Serie VI T. II. Bologna 1905.

(3) Capellini G. — *Balenottere fossili e Pachyacanthus dell'Italia meridionale.* Memorie della R. Accad. dei Lincei. Serie 3ª Vol. I. Roma 1877.

(4) Van Beneden P. I. — *Les Baleines fossiles d'Anvers.* Bulletin de l'Acad. Roy. de Belgique. Tome XXXIV. Bruxelles 1872.

vina avevo riferito al *Plesiocetus Goropii* (1). Ritenendo quindi come sinonimo la determinazione fatta nel 1877, quei resti oggi sono qui annoverati fra gli avanzi di *Balaenoptera muscoloides*.

Di Briatico: Cassa timpanica sinistra incompleta (modello). Rocca e apofisi anteriore sinistra, pure modello.

Di Gravina: Modello della seconda vertebra cervicale, e di una apofisi di altra vertebra di grandi dimensioni. Piccolo frammento di costa.

### *Balaenoptera muscoloides*, V. B.

Verso la fine di marzo del 1885 il signor Giuseppe Falduti di Nao, in luogo detto *Palas* presso S. Gregorio d'Ippona circondario di Monteleone, raccolse un bellissimo cetootlite e lo inviava in dono al prof. Filippo Pignatari del Liceo Filangeri di Monteleone. Per mezzo del Dottor Neviani, allora professore nel Liceo di Catanzaro, quell'avanzo fossile veniva inviato, per studio, e poscia donato al Museo di Bologna con alcune considerazioni intorno al terreno in cui era stato raccolto.

Per accurati confronti non fu difficile di riconoscere che si trattava di una cassa timpanica destra di balenottera riferibile alla *B. muscoloides* e da tempo ebbi in animo di ricordarla sperando di avere altri avanzi da quella regione e migliori argomenti per precisarne la età relativa, non potendomi persuadere che si trattasse di terreno più recente del terziario. Questo esemplare per la sua bella conservazione e per utili confronti meriterebbe di essere anche figurato.

Un modello di cassa auditiva sinistra da un esemplare del museo di Bruxelles, avuto un tempo dal prof. Van Beneden come esemplare del *Plesiocetus Goropii*, va pure riferito a questa specie per le ragioni esposte riguardo all'*Heterocetus*.

*B. muscoloides ?*

Con la indicazione di *Plesiocetus Goropii* il Museo possiede anche un modello di vertebra dorsale, avuto dal Van Beneden; tratto da un esemplare del Museo di Londra e proveniente da Anversa. Per le ragioni sovra esposte anche questo esemplare ho creduto di dover riferire al genere *Balaenoptera*.

*B. muscoloides*, V. B.

Riferisco pure a questa specie una bella metà della prima vertebra cervicale da me raccolta in Anversa e già ritenuta, dubitativamente, spettante al gen. *Plesiocetus*.

*B. borealina.*

Due interessanti frammenti di casse timpaniche, entrambi di destra, ritengo doversi riferire a questa specie della quale il Van Beneden dice che per le casse timpaniche somiglia notevolmente alla *B. muscoloides*, ma che pure un occhio molto esercitato riesce facilmente a distinguere (2).

(1) Van Beneden P. I. — *Descriptions des Ossements fossiles d'Anvers.* Troisième partie. — Cétacés pag. 65. Bruxelles MDCCCLXXXII.

(2) Van Beneden P. I. — Op. cit. troisième partie pag. 71. Bruxelles MDCCCLXXXII.

Gli esemplari ai quali mi riferisco sono notevoli per la carena molto pronunziata che distingue la faccia inferiore d'ordinario piatta o tondeggiante in tutte le vere balenottere. Raccolti a Sammarino presso Orciano pisano.

Un bel modello dell'Otrante da un esemplare del Museo di Bruxelles proveniente da Anversa. Dono del prof. P. I. Van Beneden.

### *Balaenoptera rostratella*, V. B.

Due apparati auditivi completi, ma non interamente ben conservati in tutte le loro parti; si riferiscono a un animale adulto e la cassa timpanica somiglia a quella della *Balaenula*. Questa volta mi hanno giovato le apofisi e le sezioni della cassa timpanica per ritenere tra le balenottere questi resti di un cetaceo pel quale nel 1876 furono querelati alcuni cercatori di fossili per il Cavaliere Roberto Lawley e pel Museo di Bologna.

Uno dei querelati era Paco Giovanni di Orciano, accusato di appropriazione indebita di tesoro e con esso altri tre Orcianesi complici dello stesso crimine, avendo scavato in luogo detto *Salatio dei Riseccoli* (Pastina di S. Luce) una quantità di ossa fossilizzate, senza il consenso del proprietario.

Quei raccoglitori di fossili avevano portato tutto al cavaliere Lawley ed egli aveva inviato subito ogni cosa in dono a Bologna, quando del furto e della appropriazione indebita di tesoro si fece chiasso sui giornali e, per seguito della querela, i RR. Carabinieri furono dapprima a casa Lawley a Montecchio presso Pontedera e poscia al Museo geologico di Bologna per il regolare sequestro della roba rubata.

Quando arrivarono i carabinieri avevo esaminato quanto era stato inviato qualche giorno prima e restituî le ossa di poco conto, che dal perito giudiziale (un collega mineralogista) furono valutate appena poche lire.

Agli Orcianesi furono inflitti alcuni giorni di carcere, il querelante fu condannato a pagare le spese del processo e, trascorsi quaranta anni dal dibattito in cui il Paco sostenne, contro l'avvocato, che le balene non avevano orecchie, sono lieto di poter dire che anche gli apparati auditivi della balenottera di Riseccoli fanno parte della nostra interessante collezione di resti di cetacei fossili.

Sono dolente che gli avanzi restituiti sieno andati perduti e non posso dire a quali ossa si riferivano; prudentemente dovetti per lunghi anni disinteressarmene, abbastanza lieto di avere potuto salvare per la scienza i resti coi quali alla cetologia fossile italiana posso oggi aggiungere anche questa importantissima balenottera che pure si trova fra i cetacei fossili di Anversa.

*B. rostratella.*

Riferisco a questa specie alcune casse timpaniche disgraziatamente incomplete ma che, per confronti con esemplari provenienti da Anversa convengono abbastanza con la specie distinta dal Van Beneden.

Cassa timpanica destra e rocca raccolta insieme; Orciano.

Altra cassa timpanica destra incompleta proveniente da Sammarino presso Orciano pisano.

Cassa timpanica sinistra pure incompleta; corrisponde all'esemplare precedente per le dimensioni e per altre caratteristiche e fu raccolto a Latignano presso Pomarance.

Ho attribuito questi resti alla balenottera *rostratella* dolente di non avere esemplari della rocca e sue robuste apofisi che mi avrebbero permesso il riferimento senza esitazione, come avrò anche a ricordare in seguito.

### Genere ***Burtinopsis***, V. Ben.

### ***Burtinopsis minutus***, V. Ben.

Dell'esemplare tipico di questa balenottera il Museo possiede il modello della cassa timpanica sinistra avuto dallo stesso Van Beneden, prima ancora che dal genere *Plesiocetus* avesse sottratto il *P. Burtinii* per farne il *Burtinopsis minutus*. L'originale deve trovarsi nel Museo di Louvain.

*B. minutus*, V. B.

Modello della seconda vertebra cervicale, da un esemplare di Anversa conservato nel Museo di Louvain, donato da P. I. Van Beneden.

*B. similis?* Modello di cassa timpanica sinistra incompleta proveniente da Anversa e prima riferita essa pure al genere *Plesiocetus*. Allo stesso genere riferisconsi pure dubitativamente i modelli di un bel frammento di cassa timpanica sinistra, più le porzioni columellari di una cassa destra e di altra sinistra poco interessanti, ma che si conservano perchè avute dal Van Beneden insieme agli esemplari precedentemente ricordati.

Importa notare che il Van Beneden descrivendo il *Burtinopsis minutus* rileva i rapporti di questa balenottera con la *Balaenoptera Cortesii*, riferendosi agli esemplari conservati nei musei di Milano, Parma e Torino (1).

### Genere ***Plesiocetus***, Van Beneden

La storia delle balenottere fossili riferite al genere *Plesiocetus* è diffusamente narrata dal suo autore che vi ha consacrato la quarta parte della sua opera colossale corredando il fascicolo con un atlante di ben 30 tavole (2).

Quando nel 1862, con una breve nota pubblicata in Torino nella Rivista di Scienze Lettere ed Arti, ebbi a far conoscere i resultati delle mie prime escursioni nei dintorni di Bologna annunziai la scoperta dei resti di una balenottera fossile nelle argille plioceniche di San Lorenzo in Collina, mi limitai a qualche confronto con le balenottere scoperte da Cortesi nel Piacentino e riferite anche da Cuvier al genere *Rorqualus*.

Restaurata la maggior parte delle ossa con ogni cura raccolte, mi affrettai a farne una prima illustrazione la quale attirò l'attenzione di quanti allora si interessavano di cetacei viventi e fossili (3).

---

(1) Van Beneden. — Op. cit. Troisième partie pag. 81. Bruxelles MDCCCLXXXII.
(2) Van Beneden. — Op. cit. Quatrième partie. Bruxelles MDCCCLXXXII.
(3) Capellini G. — *Balenottere fossili del Bolognese*. Mem. Acc. Sc. II. Vol. IV. Bologna 1885.

Van Beneden pubblicava frattanto con Gervais la Osteografia dei cetacei viventi e fossili e per le balenottere costituendo due sottogeneri *Cetotherium* e *Plesiocetus* riferiva a questo ultimo tutti i resti di balenottere raccolti nel Piacentino, in Piemonte e nel Bolognese. Il *Rorqualus Cortesii* comprendeva tutti i ricordati avanzi di Balenottere con una unica designazione: *Plesiocetus Cortesii.*

Il professore P. F. Brandt di Pietroburgo, trattando diffusamente dei Cetacei fossili e subfossili di Europa (1872) riferendo al genere *Cetotherium* (da lui fondato nel 1842) non pochi dei resti dei cetacei fossili fino allora conosciuti e adottando, per il *Rorqualus Cortesii*, il suo sottogenere *Cetotheriophanes* non trova di poter accettare la assoluta identità della balenottera piacentina con la bolognese e per questa propone che sia distinta col nome di *Cetotheriophanes? Capellinii.*

Dopo ciò, meglio aggiustati gli avanzi della balenottera di San Lorenzo in collina, e giovandomi dei consigli del Van Beneden, tornai a illustrare meglio l'interessante cetaceo, corredando di buone tavole la Memoria che ha per titolo: *Considerazioni sui Cetacei bolognesi.* (Mem. Acc. Sc. Serie III T. V. Bologna 1875). Ma poichè il Van Beneden dopo avere accennato ai rapporti tra i Cetoterii del Mar Nero e i Plesioceti parla del *Plesiocetus dubius* e delle singolari caratteristiche del rostro della balenottera bolognese, ho pensato di accennare all'interesse che questo fossile ha acquistato anche per gli ultimi lavori del cetologo belga e in questo catalogo da ricordare e annoverare per primo tra i Plesioceti.

***Plesiocetus, Cetotheriophanes Capellinii***, Brandt sp.

La notevole porzione di scheletro ricostituito con tutti i resti scavati a San Lorenzo in collina, restaurati e finalmente descritti nella *Memoria sui Cetoterii Bolognesi*, pubblicata nel 1875, consiste nel cranio, mandibole, vertebre cervicali, dorsali, lombari, due caudali; omero, frammento di radio pochi frammenti di costole. Notevole porzione della cassa timpanica sinistra. Nello scaffale in cui è custodito lo scheletro della balenottera bolognese vi sono pure alcune vertebre provenienti da località incerte ma raccolte nel Bolognese; nè è da dubitare che con accurate ricerche altri avanzi importanti di cetacei avrebbero dovuto scoprirsi in questa regione la cui fauna di mammiferi fossili potè tanto arricchirsi nella seconda metà del secolo passato.

*Plesiocetus dubius??* V. B.

Frammento anteriore di mandibola destra raccolto in Anversa nel 1862.

Modello dell'asse o seconda vertebra cervicale, dal Prof. Van Beneden.

Frammento di asse raccolto in Anversa.

Due vertebre dorsali incomplete raccolte nei dintorni di Anversa.

Tre frammenti di ossa del cranio; riferibili ai mascellari?

Quattro vertebre caudali incomplete raccolte nei dintorni di Orciano e donate da Lawley sono attribuite molto dubitativamente a un Plesioceto e altrettanto può dirsi per una terzultima ed una penultima caudali assai bene conservate, ma per le quali è impossibile di indicare esattamente il genere di *Balaenopteroidaea.*

*Plesiocetus dubius*

Già nel gennaio 1876 annunziavo che, avendo acquistato in Siena alcune vertebre di Balenottera, speravo di poter rintracciare altri avanzi di quel cetaceo. Informato che le dette vertebre erano state scavate nella Tenuta di Presciano presso Monte Auto, col consenso del proprietario intrapresi un piccolo scavo pel quale potei ancora procurarmi buon numero di vertebre, tutte però mal conservate.

Dalle mie note relative a quella escursione (10 ott. 1876) resulta che in quelle vicinanze potei constatare avanzi di altro esemplare andato disperso e potei anche raccogliere un frammento di vertebra cervicale riferibile ancora ad altro esemplare (1).

Evidentemente i dintorni di Monte Auto offrono un campo interessante per ricerche di cetacei fossili ed è da augurare che qualche naturalista torni ad occuparsi seriamente della paleontologia di quella importantissima regione.

Della balenottera di Presciano non mi riescì trovare alcun frammento riferibile a cranio e altre parti dello scheletro, fatta eccezione di un bel numero di vertebre, tutte però incomplete e talune molto sciupate. Manca l'atlante che avrebbe potuto servire per qualche confronto specifico.

L'asse o seconda vertebra cervicale, benchè mancante delle sue apofisi caratteristiche, per la grossezza del corpo ben conservato ricorda il *P. dubius.*

Della terza e quarta cervicale i relativi corpi mancanti delle apofisi, della quinta ho trovato soltanto frammenti.

I corpi della sesta e settima vertebra della stessa regione conservati come i precedenti.

La prima vertebra dorsale col suo corpo ben conservato mancando delle apofisi come tutte le altre che ho creduto di poter riferirè alla regione dorsale.

La seconda e la terza vertebra di questa regione rappresentate da frammenti.

I corpi di altre cinque vertebre dorsali ben conservati. Mancano certamente altre sette od otto vertebre dorsali.

Dieci vertebre da attribuire alla regione lombare sono abbastanza ben conservate e tra loro corrispondenti; si può quindi ritenere che, di questa regione, con molta probabilità manchino almeno altre quattro o cinque vertebre.

Finalmente spettano alle vertebre caudali frammenti di quattro vertebre e due vertebre riferibili alle mediane della detta regione; queste integre ma molto corrose.

Complessivamente i resti della balenottera di Presciano sono rappresentati da trentuna delle sessantadue vertebre che si contano nella colonna vertebrale dei Misticeti, ossia da una metà appena numericamente parlando, verificandosi la maggiore deficienza per la regione caudale.

*Plesiocetus dubius?* V. B.

Due casse timpaniche destre incomplete provenienti da Orciano.

Un frammento dello stesso osso del lato sinistro raccolto esso pure nei dintorni di Orciano.

---

(1) Capellini G. — Sulle Balene fossili toscane. Atti della R. Acc. dei Lincei. Ser. II. Tomo 3. Roma 1876.

*Plesiocetus Hupschii*, V. B.

Un bel frammento di cassa auditiva sinistra proveniente da Anversa e donato da P. I. Van Beneden.

*Plesiocetus Anconae*, Cap.

Modelli di casse timpaniche che si conservano nel museo di storia naturale di Firenze e che ritengo di poter distinguere fra le tante balenottere toscane.

Quantunque sia molto incerto se sia possibile distinguere ancora con elementi troppo limitati, o se meglio converebbe di lasciare anche questi esemplari indeterminati specificamente, non abbandono la antica indicazione fatta quando il professore D'Ancona metteva a mia disposizione per studio tutti i resti di cetacei che si trovavano nel museo affidato alla sua direzione. Confrontati con disegni originali del celebre preparatore De Paw, da esemplari tipici del Museo di Bruxelles, si notano con questa specie le più strette somiglianze per i contorni esterni, per le dimensioni ed altre caratteristiche; ma occorrerebbero più accurati confronti con gli originali per poter decidere più sicuramente.

*Plesiocetus* sp.

Indubbiamente riferibili a questo genere sono i resti di una grande balenottera scavata al Pallone presso Asti (Piemonte) per cura dell'Avv. Cantamessa dal quale, come ho già accennato, fu acquistata insieme ad altri vertebrati nel 1890.

Questi resti consistono nelle vertebre della regione cervicale per le quali giova notare:

L'atlante mancante di parte dell'anello, ma del resto ben conservato.

L'asse o seconda vertebra cervicale, meravigliosamente con ogni cura restaurata, con le sue apofisi caratteristiche complete, come non si trova quasi mai e come solo esempio tra i resti di misticeti da me noti nei musei italiani ed esteri.

Nessuna di tali vertebre è segnalata, fra i tanti avanzi di balenottere fossili del bacino di Anversa, così bene conservata come questa proveniente da Montafia.

Avanzi dei corpi della terza, quarta, quinta e sesta cervicali; ben conservato il corpo della settima cervicale.

Ben conservato è il corpo della prima dorsale e vi ha notevole frammento che pure riferisco ad altra vertebra dorsale.

Otto coste molto interessanti perchè caratteristiche e talune quasi complete.

Avanzi delle scapole.

Porzioni di cinque vertebre lombari ed una vertebra lombare ben conservata.

Due vertebre mediane della regione caudale.

Frammenti di altre tre vertebre pure caudali.

*Plesiocetus ?*

Due interessanti mandibole di piccola balenottera, disgraziatamente mutilate nelle due estremità non consentono che si possa con certezza riferirle a un plesioceto piuttosto che ad altro genere di balenottera. Nella mandibola destra è ben conservata l'apofisi coronoide, manca però la estremità condiloidea e quindi l'elemento principale per la determinazione di quest'osso caratteristico. Anche queste mandibole provenienti da Buttigliera d'Asti facevano parte della collezione Cantamessa acquistata nel 1890.

Il professore Strobel (1) nella sua *Iconografia comparata delle Ossa fossili del Gabinetto di Storia naturale dell' Università di Parma* intitola al Gastaldi i resti di Balenottera raccolti a Cà lunga presso San Damiano in Piemonte e già ricordati da Brandt e da Van Beneden. Quei resti lo Strobel riferisce al genere *Cetotherium* al quale pure era attribuita la balenottera di San Lorenzo in collina (*Cetotherium Capellinii*). Se l'una o l'altra delle balenottere di Montafia delle quali possediamo avanzi pure importanti s'abbiano a riferire alla specie fondata dallo Strobel non posso giudicare per confronti di elementi corrispondenti, ma è assai probabile. In ogni modo ho riferito al genere *Plesiocetus* i resti di quelle balenottere Piemontesi in analogia con quelle del Bolognese.

### Genere ***Megaptera***

*Megaptera affinis ?* V. B.

Di alcuni resti di questo cetaceo scavati nel Piacentino e di ciò che presumibilmente restava ancora da scavare resi conto, con una brevissima Nota, nella seduta della Società geologica italiana a Terni il 26 ottobre 1886 (2).

Avendo potuto acquistare una parte di quel materiale, il museo di Bologna possiede oggi cinque belle vertebre, delle quali tre indubbiamente riferibili alle prime caudali e le altre due frammenti di una sesta o forse da ritenersi spettanti alle ultime lombari.

*Balaenoptera* o *Megaptera ?*

Una bella costa raccolta a Castell'Arquato, con avanzi di balani che attestano il suo soggiorno sul fondo del mare, prima di essere sepolta.

### Genere ***Balaenula***, V. Beneden

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Cassa timpanica sinistra di esemplare adulto assai bene conservata e quindi molto interessante per accertare la esistenza di questo genere fra i cetacei a fanoni fossili in Toscana. Quest'osso, indicato come proveniente dai dintorni di Orciano, si può ritenere che per il modo di fossilizzazione abbia rapporti con avanzi di mandibole e di vertebre per le quali non è possibile di accertare se siano da riferirsi al genere *Balaenula* piuttosto che al genere *Balaenotus*. Tra questi due generi vi ha tal comunanza di caratteri che, ad eccezione di poche ossa, riesce impossibile di essere sicuri della loro separazione.

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Modello di occipitale di individuo adulto avuto dal cavaliere Lawley con la semplice indicazione della provenienza dell'originale dalla Valle della Fine. Ma l'esemplare originale dove si trova? Probabilmente faceva parte del materiale che il Lawley donava al Museo di Storia naturale di Firenze prima di affezionarsi al Museo di Bologna, però non ricordo di averlo veduto quando ebbi a fare una rivista dei resti di cetacei, alcuni dei quali

---

(1) Strobel Pellegrino. — Iconografia comparata delle Ossa fossili ecc. Parma 1881,

(2) Capellini G. — Sulla scoperta di resti di una Megattera fossile presso Montepulgnasco di Montezago. Boll. Soc. Geol. It. Vol. V. Roma 1886.

veramente interessanti, che si trovavano in quel museo prima che fosse traslocato da Via Romana a Piazza S. Marco.

*Balaenula Balaenopsis*, V. B.

Modello della regione cervicale delle vertebre di un individuo adulto e per conseguenza tutte anchilosate, comprese la prima e la settima che d'ordinario restano libere, specialmente l'atlante.

L'esemplare originale, figurato e descritto da P. I. Van Beneden nella sua classica Opera sulle Ossa fossili dei dintorni di Anversa (1), pare sia stato la prima regione di vertebre cervicali saldate trovata in Anversa e da Du Bus classificata col nome di *Protobalaena*; le diverse vertebre si distinguono soltanto per le relative apofisi. Questo bello e interessante modello fu trovato dalla Direzione del Museo di Storia naturale di Bruxelles.

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Modello di nasali e porzione di intermascellare di un esemplare adulto. Secondo un cartellino unito all'esemplare questo modello sarebbe stato donato dal Cav. Lawley e l'originale forse si trova ancora nella collezione conservata dalla famiglia a Montecchio presso Pontedera. Da un secondo cartellino unito al primo si potrebbe ritenere che effettivamente un così interessante esemplare provenisse dai dintorni di Orciano; certamente non si può pensare a un esemplare del celebre giacimento di Anversa, perchè il Van Beneden non avrebbe mancato di illustrarlo, mentre nulla dice e nulla consta di ossa nasali di *Balaenula* e di *Balaenotus* cavate e raccolte tra i fossili di Anversa.

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Due belle porzioni di mandibole sinistre appartenenti entrambe a individui adulti ma certamente provenienti da località diverse, avuto riguardo alla loro fossilizzazione. Una di esse misura circa novantatre centimetri; ed ho calcolato che la porzione mancante possa valutarsi a circa sessanta centimetri, dei quali trentacinque per la estremità prossimale o condiloidea e circa venticinque per la estremità anteriore o distale.

Certamente di provenienza dai dintorni di Orciano.

L'altra mandibola (porzione) pure sinistra misura soltanto centimetri ottantatre e per il suo completamento si può ritenere che manchino pure circa sessanta centimetri, trattandosi di individuo adulto ma appena più piccolo del precedentemente notato. La bella conservazione dell'esemplare permette di apprezzarne convenientemente il canale dentario, i fori mentonieri, il solco miloioideo; la sezione trasversale non lascia dubbio sull'esatto suo riferimento generico. Probabilmente anche questo esemplare proviene dalla Valle della Fine, dintorni di Orciano.

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Un frammento di omero estremità distale o inferiore, un cubito quasi completo che pare accordarsi con esso e un bel frammento di radio porzione superiore per lo stato di conservazione pare si accordino con le mandibole sopra descritte e quindi da ritenersi provenienti dai dintorni di Orciano.

(1) Van Beneden P. I. — Description des Ossements fossiles des environs d'Anvers. T. IV. Deux^me^ partie pag. 59. Pl. XII. Bruxelles MDCCCLXXX.

Meritano appena di essere ricordati parecchi frammenti di cubiti e radii che però possono sempre essere utili per confronti e per più esatti riferimenti.

Epifisi interessanti da riferire ad omeri, radii e cubiti, avanzi raccolti tutti quanti nei dintorni di Orciano e nel Volterrano, regioni che furono un tempo percorse, senza gravi difficoltà, dai raccoglitori Orcianesi, Paco, Parentini e Giannoni, sovvenzionati dal cavaliere Lawley e in parte ricompensati pel museo di Bologna.

Nei dintorni delle Saline di Volterra (Moie di S. Lorenzo) le marne plioceniche ricche di pteropodi e foraminifere, conosciute col nome di *Biancane*, sono molto sviluppate nel Pian de' Sorbi e, presso la fattoria conosciuta coi nomi di *Casa bianca* e *Case bianche*, furono scavati importanti avanzi di cetacei e pesci.

Nel settembre 1876 recatomi espressamente a studiare e far ricerche in quel lembo dell'interessante regione che è compreso fra l'Ergagno e il Botro grande di Montecatini, ebbi ancora la fortuna di trovare e fare scavare alcuni avanzi di *Balaenotus* che ho potuto raccordare con altri resti che già avevo avuti dal cavaliere Lawley. Singolare è la fossilizzazione dei resti di cetacei provenienti da quel giacimento e, con opportune sezioni e analisi microscopiche, ho avuto la conferma di quanto si poteva sospettare anche dal relativo peso e cioè: che il solfato di barite ha in gran parte sostituito gli elementi ossei ed ha fatto sparire la caratteristica loro porosità.

Le Ossa fossilizzate con baritina sono meravigliosamente ben conservate e, con questa caratteristica, i resti di cetacei provenienti dai dintorni delle Saline di Volterra sono facilmente riconoscibili e ben si distinguono da quelli di tutte le altre località della Toscana e di altre regioni italiane.

*Balaenula balaenopsis ?* V. B.

Da *Casa bianca* delle Saline di Volterra provengono i resti interessanti di una piccola balenottera che qui mi limiterò a ricordare ma che meriterebbero di essere descritti accuratamente e figurati, per servire agli studiosi per utile confronto.

Una mandibola destra incompleta della quale è perfettamente conservata la estremità anteriore. Questo frammento di mandibola lungo cinquanta centimetri rappresenta la metà dell'esemplare intero e dubito grandemente se abbiasi a ritenere appartenente essa pure all'unica specie di *Balaenula* indicata da Van Beneden o piuttosto non abbia a riferirsi ad altra specie alquanto più piccola.

Un omero destro mirabilmente conservato, fossilizzato come la mandibola e gli altri avanzi raccolti a Casa bianca ma da riferirsi a un animale di dimensioni maggiori, si accorda assai bene con un *cubito* dello stesso lato e non dubito sieno da riferirsi allo stesso individuo. Altrettanto devo dire per quattro vertebre della stessa provenienza ed egualmente fossilizzate, una riferibile alla settima lombare e le altre tre spettanti alla sesta, settima e ottava caudali. Frammenti di vertebre cervicali convalidano il riferimento generico di questi avanzi fossili raccolti a Casa bianca delle Saline.

Un osso nasale sinistro raccolto esso pure presso *Casa bianca* ma fossilizzato diversamente dai resti precedentemente indicati.

Un interessante sterno mancante della metà destra che, per la fossilizzazione, si accorda

col nasale ritengo che sia da riferire al genere *Balaenula* fu esso pure raccolto a Casa bianca. Di quest'osso il Van Beneden non ne ricorda tra i resti di Cetacei fossili di Anversa, nè altrimenti ne conosco citati da alcuno, però il bel frammento di cui si tratta, avuto riguardo alla sua forma, lascia dubitare se sia da riferirsi ad una balenottera o veramente al genere *Balaenula*.

Tutte le ossa qui riferite dubitativamente al genere *Balaenula* meritano un più accurato esame per determinare in modo assoluto se a questo genere o non piuttosto al genere *Balaenotus* debbansi riferire. Tra i due generi vi sono così stretti rapporti che, per alcune parti dello scheletro, non è quasi possibile di riconoscere alcuna differenza.

*Balaenula balaenopsis*, V. B.

Interessanti avanzi di uno scheletro di *Balaenula* provengono dal *Poggio alle talpe* nel Comune di Lorenzana (Tenuta Giuli). Tali avanzi consistono nei due apparati auditivi, le estremità prossimali delle mandibole con il caratteristico solco miloioideo e con la porzione condiloidea abbastanza ben conservata per poterne apprezzare la tondeggiante forma caratteristica. Della colonna vertebrale la regione cervicale è trasformata in limonite e gesso per modo che appena si riesce a riconoscere e distinguere che quel frammento è costituito da porzione dell'asse e da altre cinque vertebre saldate imperfettamente trattandosi di un individuo molto giovane. Vi hanno i corpi vertebrali di sei dorsali e avanzi di altre tre; mancano quindi almeno altre tre dorsali e tutte le vertebre lombari e furono raccolte otto delle ultime vertebre caudali, meglio conservate delle dorsali.

Si ha in questi avanzi un bello esempio del come procede la ossificazione della colonna vertebrale dalle due estremità, come fu osservato e notato da Flower e ci si rende conto facilmente perchè nel giovane nostro esemplare sia andata distrutta tutta la parte mediana della serie meno ossificata. Dello stesso esemplare vi ha pure un bel frammento di scapola.

*Balaenula* o *Balaenotus ?*

Colonna vertebrale quasi completa, disgraziatamente mancante delle vertebre cervicali per le quali sarebbe stata più sicura la determinazione generica. Delle dorsali, che per lo meno dovevano essere dodici, restano avanzi di cinque corpi molto logorati, le quattro anteriori mancanti delle epifisi relative e l'ultima con l'epifisi posteriore conservata. Ho constatato dodici vertebre lombari rappresentate dai relativi corpi molto logorati per tardata ossificazione, per ragione già altrove accennata.

Della regione caudale alla quale ho attribuito ventidue elementi, le prime due vertebre sono ancora molto logorate come ho notato per le precedenti della regione lombare; sono poco logore le tre successive e dalla sesta fino alla dicianovesima veramente mirabile ne è la perfetta conservazione. Della piccola ventesima caudale vi ha soltanto una metà e mancano almeno due ultime caudali che avrebbero avuto forma caratteristica.

Non ho esatta indicazione della provenienza, ma può ritenersi dei dintorni di Orciano pisano. Allo stesso animale si riferiscono le porzioni di circa 16 coste, avute insieme con le vertebre; nessuna completa.

Altro interessante avanzo di colonna vertebrale che pure si riferisce alla regione cau-

dale consta di sette vertebre che, confrontate con quelle della precedente colonna vertebrale quasi completa, ho riferito alla decima, dodicesima, tredicesima, quattordicesima, sedicesima, diciasettesima e diciottesima caudali. Tutte queste vertebre sono perfettamente conservate e neppure per esse ho trovato indicazioni di provenienza; ma per confronti opportuni, avuto riguardo al modo di fossilizzazione, inclino a ritenerli provenienti dai dintorni delle Saline di Volterra.

Altri avanzi di colonne vertebrali rappresentati dai seguenti elementi: decima, dodicesima, quattordicesima, quindicesima, diciottesima, ventesima e ventiduesima vertebre caudali ben fossilizzate raccolte presso le Saline.

Quattro vertebre caudali che riferisco alla undicesima, dodicesima, tredicesima e quattordicesima pure dai dintorni delle Saline.

### Genere ***Balaenotus***, Van Beneden

*B. insignis*, V. B.?

Fra i resti di cetacei fossili del grande ossuario delle sabbie dei dintorni di Anversa nel 1872 il prof. P. I. Van Beneden distinse e fece conoscere i primi resti di questo cetaceo a fanoni che ha stretti rapporti con il genere *Balaenula* dal quale però merita di essere distinto (1). Quei resti erano stati scoperti fino dal 1864. I caratteri principali si ricavano dalla cassa timpanica, dalla regione delle vertebre cervicali, della forma delle vertebre dorsali e delle mandibole che in nessun modo si possono confondere con quelle di altre balene.

I resti più importanti che si riferiscono a questo genere e si conservano nel nostro Museo, segnalati fino dal 1876 (2), spettano all'esemplare scavato a Monte Aperto in Val di Biena nel Senese e qui basterà ricordarli.

Dell'apparato auditivo, pel quale potei constatare la presenza del *Balaenotus* fra i resti di cetacei a fanoni della Toscana la cassa timpanica e la rocca relativa al lato destro; la cassa timpanica del lato sinistro ben conservata, manca però la relativa rocca. Completa è la interessante regione delle vertebre cervicali, vi hanno avanzi di otto delle quattordici vertebre dorsali e avanzi di altrettante vertebre lombari; una diecina di vertebre caudali.

Delle coste circa una quarta parte complete e altrettante incomplete.

Avanzi dell'omero, cubito e radio del lato sinistro, avanzi di mascellare e delle mandibole. Del lungo tempo trascorso prima che quei resti fossero sepolti, attestano le ostriche aderenti a parecchie delle vertebre.

Nella mia escursione nei dintorni delle Saline di Volterra nel settembre 1875 raccolsi resti della colonna vertebrale di un *Balaenotus* del quale già avevo avuto alcuni frammenti raccolti e donati dal cavaliere Lawley.

---

(1) Van Beneden P. I. — *Balaenotus insignis.* Bulletin de l'Acad. Roy. de Belgique. 2ª Sér. T. XXXIV. 1872.

(2) Capellini G. — Sulle balene fossili Toscane. Atti della R. Accad. dei Lincei. Tomo 3°. Ser. II. Roma 1876.

Molto interessante la regione cervicale della quale si ha un bel frammento dell'atlante e delle seguenti fino alla sesta, essendo abbastanza ben conservate, si possono rilevare i caratteri relativi alla coalescenza pei quali questa piccola balena si distingue ancora dalla vera *Balaenula*.

Vi hanno dodici vertebre dorsali incomplete e quattordici più o meno incomplete riferibili alla regione lombare.

Tutti questi avanzi sono riconoscibili per la caratteristica fossilizzazione che ho ricordata per le ossa di cetacei dei dintorni delle Saline.

Fino dal 1876 avevo trovato altri avanzi di *Balaenotus* nel museo di Firenze e, con essi, mi ero persuaso della possibilità di distinguere altre specie oltre quella riferita dubitativamente alla tipica *B. insignis* scavata nel podere Poggiarone a Monte Aperto.

Mi riferivo allora a soli avanzi dell'apparato auditivo ma attualmente il Museo nostro possiede altri avanzi importanti che qui giova di annoverare, sperando di potere ancora tornare ad occuparmi più particolarmente di questo genere di cetacei fossili, nonchè del suo affine il genere *Balaenula*.

*Balaenotus ?*

Un Joide, di mirabile conservazione ma che non bene si accorda nè con ciò che si conosce del genere *Balaenoptera* nè con altri tipi dei quali si hanno avanzi tra i fossili di Anversa, ritengo probabile che spetti a un *Balaenotus* piuttosto che a una *Balaenula*, ed esso pure fu raccolto nei dintorni delle Saline.

Parecchie falangi con le quali si è tentato di ricomporre alcune dita.

Uno sterno incompleto assai diverso da quello riferito dubitativamente al genere *Balaenula*.

*Balaenotus ?*

Avanzi della regione cervicale riferibili all'asse, terza, quarta, quinta e sesta vertebra.

Altro avanzo di regione cervicale riferibile a giovane individuo. Sono resti dei corpi delle vertebre che di buon ora si saldano insieme. Dall'asse fino alla sesta cervicale i frammenti vanno sempre diminuendo e per quanto riguarda la fossilizzazione anche questo esemplare ha qualche importanza provenendo dai dintorni delle Case bianche delle Saline.

### Genere ***Balaena***

### ***Balaena etrusca***, Cap.

Cassa timpanica sinistra raccolta a Pozzaia presso Santa Luce e dal Cav. Roberto Lawley donata al Museo di Firenze. Modello.

Cassa timpanica destra raccolta nei dintorni di Orciano pisano. Soltanto una parte dell'osso è conservata con modello interno integro costituito da roccia calcarea.

Mandibola sinistra, porzione. L'osso intero doveva essere lungo m. 4,45 seguendo la curva esterna. Raccolto nel 1879 a Stabicone, Comune di Trequanda, presso la casa colonica della Tenuta *Casa bianca* del Sig. Olinto Naldini. Acquistata pel Museo di Bologna nel 1888.

Tre frammenti di intermascellare pure raccolti a Casa bianca, Poggio di Stabicone.

Modello di piccola porzione di mandibola destra, scoperto in Siena nel 1859, e conservato nel Museo dei Fisiocritici. Questo frammento, lungo appena m. 0,83, integro doveva raggiungere una lunghezza di circa m. 2,80.

Vertebre cervicali.

Il superbo esemplare che fu illustrato per la prima volta nel 1873 e col quale fu accertata la presenza di vere balene nel pliocene fu scoperto nel 1871 in un podere detto Ricavo nel Poggio di Pasqualone tra Cetona e Chiusi.

Tre corpi di vertebre, incomplete e di ignota provenienza, donate dal cavaliere Lawley; probabilmente riferibili alla regione dorsale.

Due frammenti del corpo di una vertebra raccolti a Peccioli nelle colline Pisane.

Vertebra caudale la quale per le dimensioni si può ritenere riferibile ad un esemplare alquanto minore di quelli dai quali provengono la mandibola di Poggio Stabicone e le vertebre cervicali di Poggio Pasqualone. Questo esemplare fu raccolto nella Valle della Fine e probabilmente esso pure donato dal Cav. Lawley.

Una bellissima integra vertebra caudale proveniente da Guestrigona (Senese) per molti rapporti e per le dimensioni può ritenersi spettante ad un individuo come quello di *Poggio Stabicone*.

Una bellissima vertebra caudale, delle ultime, forse la 18ª o 19ª raccolta a Casa Bianca e donata dal proprietario Signor Landini.

Del bellissimo omero destro raccolto, nel 1857, nel torrente Bornia presso Grillo (Senese) e che si conserva nel Museo geologico di Firenze, il Museo di Bologna possiede un modello perfetto.

Un interessante porzione del cubito destro raccolto a Casa bianca, probabilmente spettante allo stesso individuo del quale possediamo i resti di una mandibola, frammenti di mascellare e una delle ultime vertebre caudali.

Con ampie ricerche a Casa bianca ritengo possibile di raccogliere ancora altri avanzi di cetacei di grande importanza.

### *Balaena Montalionis*, Capellini

Della balena di Montajone scoperta nel 1871 e tre anni dopo acquistata dal dottor Major per il Museo di Pisa narrai diffusamente quando ebbi a farne la illustrazione nel 1904 (1).

Di questo interessante cetaceo si ha il cranio incompleto essendo però conservate tutte le ossa principali, se si eccettuano gli apparati auditivi dei quali restano soltanto alcuni avanzi, essendo disgraziatamente andate perdute le casse timpaniche.

Un perfetto modello eseguito con ogni maggior cura nel laboratorio dell'Istituto geologico si trova ora nella collezione cetologica del Museo.

(1) G. Capellini. — Balaena Montalionis. Memoria R. Accademia delle Scienze. Ser. VI. T. I. Bologna 1904.

# OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE DELL'ANNATA 1916

**ESEGUITE E CALCOLATE**

DALL' ASTRONOMO R. PIRAZZOLI

NELL' OSSERVATORIO DELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

## MEMORIA

DEL

Prof. M. RAJNA

PRESENTATA NELL' ADUNANZA DEL 22 APRILE 1917.

## Avvertenze generali.

I quadri che seguono furono compilati sulle osservazioni meteorologiche eseguite ogni giorno alle ore 9, 15 e 21 di tempo medio dell'Europa Cantrale, prescritte dal R. Ufficio Centrale di Meterologia e Geodinamica.

Si tralasciarono invece i risultati di un'altra osservazione, che si fa pure ogni giorno alle ore 8 e che serve alla compilazione del telegramma del mattino, che si trasmette al predetto Ufficio.

L'altezza barometrica si legge a un barometro Fortin, cui si applica la correzione costante + mm. 0,46 determinata per cura dell'Ufficio Centrale. Il pozzetto del barometro è collocato a m. 83,8 di altitudine sul livello del mare (1).

La temperatura dell'aria, all'istante dell'osservazione si legge sul termometro asciutto di un psicrometro di August, e le temperature estreme, su termometri a massima e a minima. I termometri sono collocati sopra la banchina di una gabbia meteorica sporgente a nord della torre, costruita recentemente a perfetta circolazione d'aria, avendo il piano, su cui poggiano i termometri, formato da un reticolato in ferro e le pareti a doppio ordine di persiane. Il piano della banchina si trova all'altezza di m. 90,81 sul livello del mare, e i bulbi dei termometri sono elevati sul piano stesso di m. 0,26 per il termometro a minima; di m. 0,41 per quello a massima, e di m, 0,33 per il pscicrometro.

La quantità della precipitazione si ottiene in millimetri di acqua dati dal pluvio-

(1) Da misure dirette prese nell'anno 1904 risulta che il pozzetto del barometro è situato a m. 28,76 di altezza sul caposaldo della livellazione di precisione alla base della torre dell'Osservatorio, sulla facciata esposta a sud-ovest. Tale caposaldo è elevato di m. 2,65 sul suolo e ha la quota di m. 55,066 sopra il livello medio del mare a Genova, secondo una cortese comunicazione dell'Istituto geografico militare. Quindi il pozzetto del barometro ha l'altezza di m. 55,07 + 28,76 = m. 83,83 sul livello del mare.

metro registratore di Fuess, provvisto di un sistema di riscaldamento a immersione per ottenere la fusione della neve. A tale sistema di riscaldamento è innestato un termometro, il quale permette di verificare che il liquido riscaldato non raggiunga una temperatura così elevata da diminuire per l'effetto della evaporazione la quantità dell'acqua caduta. Il pluviometro è nel punto più alto della terra, e ha l'apertura superiore a m. 49,20 sul suolo e a m. 101,62 sul livello del mare.

La tensione del vapore d'acqua e l'umidità relativa dell'aria si determinano mediante il psicrometro di August a ventilatore a palette, modello ordinario degli Osservatorî italiani.

L'apprezzamento della nebulosità si fa stimando a occhio quanti decimi di cielo sono coperti dalle nubi in ciascuna osservazione.

La provenienza del vento è data dalla direzione della banderuola dell'anemoscopio, e la velocità oraria in chilometri, dalla media diurna delle indicazioni dell'anemometro di Fuess a registrazione elettrica. La banderuola dell'anemoscopio e il mulinello a coppe dell'anemometro sono sulla sommità della terre a m. 49,50 di altezza dal suolo.

L'evaporazione dell'acqua in millimetri si misura ogni giorno alle ore 15 nell'evaporimetro posto nella gabbia meteorica.

A complemento e controllo delle osservazioni dirette si consultano i diagrammi dei tre apparecchi registratori Richard, barografo, termografo, igrografo.

## Riassunto dei quadri mensili.

### Barometro.

La pressione atmosferica media generale, risultante da tutte le osservazioni eseguite, fu di mm. 753,1. Questo valore è alquanto inferiore al medio normale annuo, che, in base a un lungo periodo di osservazioni, rimane stabilito uguale a mm. 754,6.

Le medie pressioni dei singoli mesi furono molto differenti le une dalle altre: notevolmente alta fu quella di gennaio: mm. 761,3; notevolmente più bassa di tutte la media di marzo: mm. 747,2: l'una e l'altra poi, alquanto discosta dal corrispondente valore normale della massima e della minima media mensile, che è rispettivamente mm. 757,6 e mm. 752,5.

La pressione più alta in tutto l'anno fu di mm. 768,8, osservata il giorno 23 gennaio, la più bassa fu quella di mm. 730,6 del 18 novembre. Entrambi questi valori sono quasi ugualmente inferiori ai corrispondenti estremi normali: mm. 770,6 e mm. 732,8, sicchè l'intera escursione barometrica risulta quasi identica alla escursione normale. Vi furono poi parecchie oscillazioni secondarie, e fra queste le più marcate furono: quella dal giorno 1 al 9 febbraio, nella quale il barometro da mm. 767,1 discese a mm. 740,5, e l'altra dal giorno 18 al 24 novembre, nella quale dalla pressione di mm. 730,6, la più bassa di tutto l'anno, il barometro salì in soli sei giorni a mm. 766,0.

## Temperatura.

L'intera escursione del termometro ebbe un'ampiezza di gradi centesimali 40°,4, differenza fra l'estremo inferiore — 5°,1 raggiunto il giorno 25 gennaio, e l'estremo superiore 35°,3 del giorno 11 luglio. Il primo di questi valori è uguale al valore normale della temperatura minima, ricavato dal periodo di 13 anni 1903 - 1915, e si verificò pure presso la data normale della temperatura minima assoluta. Il secondo, cioè il massimo annuo, vi verificò anch'esso circa alla data normale dell'estremo superiore della temperature, ma superò tutti i valori massimi assoluti dell'intero periodo di tempo su riferito.

La temperatura media generale dell'anno, risultante da tutti i valori osservati in ciascun giorno alle ore 9, ore 21, masrimo e minimo, fu di 14°,0; tale valore non solo è maggiore del valor medio normale 13°,4, ma anche di tutti i singoli valori medi annui dello stesso perio 1903 - 1915.

Riguardo all'andamento delle stagioni, dall'esame di quadri mensili risulta che l'inverno, fatta eccezione delle rigide giornate dell'ultima decade di gennaio, si mantenne generalmente mite; la primavera e l'autunno si svolsero quasi regolarmente normali; l'estate fu più calda del normale, con medie alte e quasi costanti per i tre mesi di giugno, luglio e agosto.

## Precipitazioni.

L'altezza totale dell'acqua, dovuta alla pioggia, o alla neve e grandine fuse, fu di mm. 631,3, cioè poco inferiore alla quantità normale: mm. 663,8. La precipitazione risultò assai irregolarmente distribuita durante tutto l'anno; poichè mentre in due interi mesi, gennaio e giugno, si ebbero appena poche gocce incalcolabili di pioggia, in altri mesi invece furono piogge abbondanti assai più dell'ordinarion, e rovesci di grado eccezionale in settembre, con mm. 134,7 di pioggia, e in novembre, pure con mm. 134,7. La irregolarità della precipitazione appare più manifesta mettendo a riscontro, nello specchietto che segue, i valori raggiunti in ciascun mese di quest'anno coi corrispondenti valori normali, stabiliti coi dati di cento anni consecutivi, 1813 - 1912, di osservazioni eseguite in questo Osservatorio:

ALTEZZA IN MILLIMETRI DELLA PRECIPITAZIONE

| | genn. | febbr. | marzo | aprile | maggio | giugno | luglio | agosto | sett. | ottobre | nov. | dic. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anno 1916 | 0,0 | 7,6 | 54,4 | 59,0 | 49,9 | 0,0 | 42.1 | 4,8 | 134,7 | 96,2 | 134,7 | 47,9 |
| Anno normale | 38,7 | 41,4 | 51,6 | 57,9 | 66,3 | 56,3 | 35,2 | 41,6 | 62,6 | 87,5 | 74,1 | 50,5 |

Il numero dei giorni con precipitazione apprezzabile al pluviomeiro fu 86, alquanto inferiore alla frequenza annua normale che è rappresentata da 98 giorni. La frequenza maggiore si ebbe nei mesi di dicembre, 15 giorni, e di settembre, 13 giorni; nessun giorno con precipitazione valutabile in gennaio e in giuguo. I giorni nei quali caddero poche gocce o pioggiarelle inapprezzabili al pluviografo furono 38.

Rispetto alla qualità, le precipitazioni furono quasi esclusivamente di pioggia, essendo stati registrati solo tre giorni, cioè uno in febbraio e due in novembre, con poca neve; un giorno con poca grandine minuta mista a pioggia in aprile, e un altro giorno in maggio.

## Temporali.

I temporali locali osservati furono i seguenti:

1°. Il giorno 30 aprile, proveniente da nord-ovest e diretto verso sud-est, con tuoni generalmente forti e con alcuni fulmini fra le ore 15 e min. 50 e le 17, con lampi intensi a zig-zag, vento moderato settentrionale, pioggia torrenziale violentissima con qualche chicco di grandine minuta come pisello.

2°. Il giorno 1° maggio verso le ore 16, formatosi dalla riunione di due temporali, l'uno proveniente da sud-est, l'altro da nord-ovest, con lampi deboli, diffusi, con tuoni generalmente deboli, ad eccezione di un fulmine caduto a breve distanza sulle ore 16 e min. 30. Pioggia ordinaria e vento moderato, da prima di ponente, poscia del primo quadrante.

3°. Il 13 maggio, proveniente da nord-ovest, con tuoni generalmente deboli e prolungati, con forte acquazzone e chicchi minutissimi di grandine, fra le ore 14 e le 15. Si divise poscia in due temporali distinti, l'uno diretto verso nord-est, l'altro verso sud, e questo specialmente con tuoni più forti e con alcuni fulmini. Vento debole, da prima di nord-ovest, poi di nord.

4°. Il giorno 21 luglio, fra le ore 0 e min. 30 e le ore 3 e min. 30, si svolse il temporale con attività elettrica di lampi frequenti, intensi e diffusi e pochi tuoni deboli e prolungati. Ebbe due riprese con pioggia piuttosto forte e vento, da prima moderato del quarto quadrante, poi debole del terzo quadrante.

5°. Il giorno 24 luglio, fino dalle ore 15, il cielo appariva temporalesco; sulle ore 18 incominciò il temporale locale, proveniente da nord-ovest, con lampi frequenti e diffusi, tuoni prolungati e deboli fino alle ore 19 e min. 30. Ebbe poi un'altra ripresa di breve durata intorno alle ore 21. La pioggia fu ora forte, ora debole; il vento debole, prima occidentale, poi settentrionale, in fine del terzo quadrante. Cadde un solo fulmine sulle ore 19, alla distanza di circa 2 chilometri.

6°. Il 26 luglio, proveniente da levante, con attività elettrica piuttosto debole di lampi a zig-zag e di tuoni prolungati fra le ore 17 e le 18. Pioggia alquanto forte; vento forte, da prima occidentale, poi del primo quadrante.

7°. Il giorno 29 luglio, proveniente da nord-ovest alle ore 3 e min. 30, diretto

verso levante, con tuoni radi, prolungati e forti, lampi molto intensi a zig-zag, con uno scroscio di pioggia torrenziale e vento debole costante di ponente.

8°. Il giorno 12 settembre, alle ore 14, il temporale, ebbe improvvisamente origine da ponente e dopo poca attività elettrica di lampi e tuoni, vento debole occidentale e abbondante e forte acquazzone, si allontanò verso levante.

9°. Nella uotte 28-29 settembre, proveniente da nord, con lampi intensi, frequenti e diffusi, tuoni prolungati e forti, dalle ore 22 del 28 fino alla 1 del 29. Abbondante e forte acquazzone; vento impetuoso, da prima settentrionale, poscia meridionale. In sul far del giorno il temporale sparì verso sud-est.

### Tensione del vapore acqueo e umidità relativa.

La media generale della tensione del vapore acqueo risultò di mm. 8,3. I valori medi mensili non seguirono regolarmente l'andamento dei corrispondenti valori della temperatura, ma furono crescenti da gennaio a maggio; quasi costanti da maggio a settembre; poi decrescenti fino alla fine, Il valore più alto osservato fu di mm. 18,4, il giorno 18 luglio; il più basso fu di mm. 1,7, il giorno 17 fabbraio.

L'umidità relativa, espressa in centesime parti, ebbe per valore medio dell'anno centesimi 68. I valori medi dei singoli mesi furono molto regolari, cioè costantemente, decrescenti da gennaio a giugno, e costantemente crescenti da luglio a dicembre.

La minima umidità relativa fu 17, e si verificò per tre velte, cioè il 14 aprile, il 10 e 15 giugno. Il grado di saturazione dell'aria, 100, fu osservato in 14 giorni, cioè: 6, 7, 22, 23, 25 e 28 gennaio; 22 e 25 ottobre; 10 novembre; 2, 5, 17, 30 e 31 dicembre.

### Provenienza e velocità del vento.

La frequenza annua della provenienza del vento, rispetto ai principali 8 punti dell'orizzonte e relativamente alle tre osservazioni regolamentari di ogni giorno, risultò così distribuita:

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | calma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 14 | 25 | 62 | 28 | 127 | 276 | 82 | 454 |

Il vento dominante fu quello di ponente, non solo complessivamente durante l'anno, ma anche singolarmente in ogni mese. La frequenza delle calme fu notevolmente superiere al valore normale. e maggiore si verificò nei primi e negli ultimi mesi dell'anno.

La velocità media oraria fu di Km. 6.

Il numero totale dei giorni con vento forte o quasi forte fu 55, irregolarmente ripartiti nel diversi mesi dell'anno; la maggior frequenza si ebbe in giugno, 16 giorni; nessun giorno in gennaio. Eccezionale violenza fu quella dell'uragano libecciale del giorno 13 dicembre: la veemenza del vento, specialmente fra le ore 13 e 18, fu tale che provocò la caduta di molti comignoli, serrande e grondaie, la scopertura di tetti, l'ab-

battimento di muri in costruzione. In tal giorno la velocità oraria registrata dall' anemografo arrivò a circa 100 chilometri.

### Nebulosità, nebbie, brine, rugiade.

La nebulosità media dell' anno rappresentata in decimi di cielo coperto dalle nubi, risultò eguale al valore medio normale, 5 decimi. Il mese di maggiore nebulosità fu dicembre, che ne ebbe in media 8 decimi; i mesi di minore nebulosità furono, agosto con 2 decimi, poi giugno e luglio, ciascuno con 3 decimi. Negli altri mesi la nebulosità media fu approssimativamente eguale alla media annua. Distinguendo inoltre i giorni in sereni, misti o coperti, secondo che la somma dei decimi di cielo coperto dalle nubi nelle tre osservazioni giornaliere risultò non superiore a 3, o compresa fra 3 e 27, o non inferiore a 27, furono registrati 80 giorni con cielo sereno; 207 giorni con cielo misto; 79 giorni con cielo coperto.

La nebbia sulla città fu notata in 75 giorni, specialmente frequente e folta in dicembre e gennaio. I quattro mesi: maggio, giugno, luglio e agosto ne furono del tutto privi.

La brina, in quantità visibile sui tetti o sulle piante, fu osservata solamente 11 giorni, e tutti in gennaio.

La rugiada abbondante fu notata 4 giorni in settembre, 4 in ottobre, 4 in novembre, 1 in dicembre.

# TABELLE

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**GENNAIO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 762, 3 | 762, 4 | 763, 2 | 762, 6 | 7, 6 | 9, 4 | 7, 8 | 9, 4 | 7, 1 | 8, 0 | | |
| 2 | 762, 7 | 761, 8 | 762, 2 | 762, 2 | 5, 9 | 8, 4 | 4, 9 | 8, 7 | 3, 0 | 5, 6 | | |
| 3 | 763, 1 | 760, 6 | 760, 3 | 761, 3 | 4, 5 | 7, 0 | 6, 6 | 7, 3 | 4, 3 | 5, 7 | | |
| 4 | 763, 3 | 763, 2 | 764, 5 | 763, 7 | 4, 5 | 5, 0 | 4, 6 | 6, 6 | 4, 4 | 5, 0 | | |
| 5 | 763, 8 | 761, 7 | 761, 0 | 762, 2 | 1, 4 | 2, 6 | 2, 3 | 4, 7 | 1, 3 | 2, 4 | | |
| 6 | 761, 5 | 760, 7 | 760, 7 | 761, 0 | 0, 9 | 2, 2 | 1, 8 | 2, 7 | 0, 9 | 1, 6 | | |
| 7 | 757, 5 | 756, 0 | 753, 9 | 755, 8 | 0, 8 | 1, 6 | 1, 4 | 1, 9 | 0, 2 | 1, 1 | | |
| 8 | 750, 2 | 749, 8 | 751, 1 | 750, 4 | 1, 6 | 4, 4 | 3, 8 | 4, 9 | 0, 2 | 2, 6 | | |
| 9 | 753, 4 | 755, 5 | 759, 2 | 756, 0 | 6, 2 | 8, 2 | 6, 3 | 8, 3 | 2, 9 | 5, 9 | | |
| 10 | 764, 6 | 764, 6 | 764, 2 | 764, 5 | 5, 3 | 7, 4 | 4, 6 | 7, 5 | 4, 4 | 5, 4 | | |
| 11 | 760, 9 | 757, 4 | 755, 1 | 757, 8 | 3, 1 | 6, 8 | 4, 6 | 6, 8 | 1, 8 | 4, 1 | | |
| 12 | 757, 7 | 758, 0 | 758, 6 | 758, 1 | 2, 3 | 5, 4 | 3, 5 | 6, 7 | 1, 1 | 3, 4 | | |
| 13 | 755, 4 | 750, 5 | 745, 7 | 750, 5 | 2, 2 | 5, 2 | 3, 1 | 5, 4 | 1, 0 | 2, 9 | | |
| 14 | 745, 5 | 747, 8 | 752, 6 | 748, 6 | 3, 5 | 8, 2 | 5, 0 | 8, 5 | 1, 7 | 4, 7 | | |
| 15 | 758, 2 | 758, 5 | 759, 6 | 758, 8 | 5, 4 | 7, 8 | 4, 1 | 7, 8 | 4, 1 | 5, 4 | | |
| 16 | 759, 8 | 759, 7 | 760, 6 | 760, 0 | 1, 0 | 6, 6 | 3, 0 | 6, 7 | 0, 4 | 2, 8 | | |
| 17 | 763, 4 | 762, 5 | 762, 6 | 762, 8 | 1, 2 | 7, 8 | 5, 6 | 8, 2 | 0, 0 | 3, 8 | | |
| 18 | 761, 4 | 760, 5 | 762, 1 | 761, 3 | 2, 2 | 6, 4 | 4, 1 | 6, 7 | 0, 6 | 3, 4 | | |
| 19 | 764, 8 | 764, 8 | 765, 2 | 764, 9 | 0. 8 | 6, 4 | 5, 0 | 6, 7 | 0, 8 | 3, 2 | | |
| 20 | 765, 4 | 764, 0 | 763, 5 | 764, 3 | 4, 6 | 6, 6 | 5, 9 | 6, 9 | 3, 3 | 5, 2 | | |
| 21 | 764, 4 | 764, 9 | 766, 0 | 765, 1 | 2, 8 | 4, 4 | 3, 4 | 7, 4 | 2, 6 | 4, 0 | | |
| 22 | 767, 5 | 767, 2 | 767, 5 | 767, 4 | — 0, 2 | 2, 2 | 1, 3 | 3, 4 | — 1, 2 | 0, 8 | | |
| 23 | 768, 3 | 768, 4 | 768, 8 | 768, 5 | — 1, 8 | 1, 2 | 0, 0 | 1, 4 | — 2, 3 | — 0, 7 | | |
| 24 | 767, 0 | 765, 2 | 765, 2 | 765, 8 | — 2, 1 | 7, 2 | 0, 0 | 7, 7 | — 3, 0 | 0, 6 | | |
| 25 | 765, 2 | 764, 6 | 765, 2 | 765, 0 | — 3, 0 | 0, 0 | — 1, 6 | 0, 2 | — 5, 1 | — 2, 4 | | |
| 26 | 765, 0 | 763, 9 | 763, 7 | 764, 2 | - 2, 8 | 4, 4 | — 0, 4 | 4, 5 | — 3, 6 | — 0, 6 | | |
| 27 | 763, 3 | 762, 1 | 762, 6 | 762, 7 | — 0, 2 | 7, 2 | 0, 6 | 7, 5 | — 3, 3 | 1, 2 | | |
| 28 | 764, 2 | 763, 4 | 763, 7 | 763, 8 | — 2, 5 | 0, 2 | — 0, 7 | 0, 6 | — 3, 4 | — 1, 5 | | |
| 29 | 763, 4 | 762, 8 | 763, 1 | 763, 1 | — 3, 0 | 4, 0 | 1, 3 | 4, 8 | — 3, 9 | — 0, 2 | | |
| 30 | 763, 5 | 763, 1 | 764, 3 | 763, 6 | 1, 4 | 7, 7 | 3, 3 | 7, 8 | 0, 5 | 3, 2 | | |
| 31 | 765, 8 | 765, 4 | 766, 0 | 765, 7 | 0, 1 | 6, 0 | 4, 7 | 6, 3 | — 1, 0 | 2, 5 | incalc. | pioggia |
| | 761, 7 | 761, 0 | 761, 4 | 761, 3 | 1, 7 | 5, 4 | 3, 2 | 5, 9 | 0, 6 | 2, 9 | | |

Altezza barometrica massima 768,8 (mm) g. 23
» » minima 745, 5 » 14
» » media 761, 3

Temperatura massima 9,4 (°) g. 1
» minima — 5, 1 » 25
» media 2, 9

Nebbia nei giorni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31.
Brina nei giorni 13, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.
Gelo nei giorni 13, 16, 22, 23, 24, 25, 26 27, 28, 29, 31.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**GENNAIO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | | mm. |
| 1 | 7,1 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 91 | 86 | 93 | 90 | 10 | 8 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,5 |
| 2 | 6,2 | 7,3 | 6,4 | 6,6 | 89 | 89 | 98 | 92 | 4 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,2 |
| 3 | 6,2 | 6,6 | 6,9 | 6,6 | 98 | 88 | 94 | 93 | 10 | 10 | 10 | ? | W | ? | 0 | 0,2 |
| 4 | 6,0 | 6,1 | 6,2 | 6,1 | 95 | 94 | 97 | 95 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 1 | 0,3 |
| 5 | 5,0 | 5,3 | 5,3 | 5,2 | 98 | 96 | 98 | 97 | 10 | 10 | 10 | W | W | ? | 2 | 0,4 |
| 6 | 4,9 | 5,4 | 5,0 | 5,1 | 100 | 100 | 96 | 99 | 10 | 10 | 10 | W | W | E | 2 | 0,6 |
| 7 | 4,9 | 5,2 | 5,0 | 5,0 | 100 | 100 | 98 | 99 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,4 |
| 8 | 5,0 | 6,1 | 5,5 | 5,5 | 96 | 97 | 91 | 95 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | W | 1 | 0,2 |
| 9 | 2,6 | 4,0 | 3,6 | 3,4 | 37 | 49 | 50 | 45 | 0 | 0 | 0 | W | ? | W | 4 | 2,1 |
| 10 | 2,8 | 3,9 | 4,1 | 3,6 | 42 | 50 | 65 | 52 | 0 | 0 | 0 | W | W | W | 5 | 3,0 |
| 11 | 3,1 | 4,6 | 4,2 | 4,0 | 55 | 63 | 66 | 61 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | W | 3 | 3,9 |
| 12 | 4,2 | 5,3 | 5,2 | 4,9 | 77 | 78 | 88 | 81 | 0 | 0 | 0 | W | ? | NW | 1 | 1,2 |
| 13 | 4,6 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 86 | 72 | 85 | 81 | 0 | 3 | 0 | W | ? | ? | 1 | 0,6 |
| 14 | 3,1 | 4,0 | 2,3 | 3,1 | 51 | 49 | 35 | 45 | 0 | 0 | 0 | NW | W | W | 10 | 3,0 |
| 15 | 2,0 | 3,6 | 3,9 | 3,2 | 29 | 46 | 63 | 46 | 0 | 0 | 0 | W | ? | W | 9 | 2,8 |
| 16 | 2,9 | 3,6 | 3,8 | 3,4 | 58 | 50 | 66 | 58 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | SE | 5 | 1,0 |
| 17 | 3,9 | 4,9 | 5,1 | 4,6 | 78 | 61 | 75 | 71 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | W | 0 | 1,2 |
| 18 | 4,4 | 5,5 | 5,6 | 5,2 | 82 | 76 | 92 | 83 | 0 | 10 | 7 | SW | W | NW | 0 | 0,7 |
| 19 | 4,6 | 5,5 | 5,5 | 5,2 | 94 | 76 | 84 | 85 | 10 | 0 | 0 | W | W | W | 1 | 0,9 |
| 20 | 5,5 | 6,2 | 6,3 | 6,0 | 87 | 85 | 91 | 88 | 10 | 10 | 0 | ? | ? | ? | 1 | 0,5 |
| 21 | 5,0 | 5,9 | 5,6 | 5,5 | 89 | 93 | 97 | 93 | 6 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 4 | 1,2 |
| 22 | 4,4 | 5,2 | 5,0 | 4,9 | 96 | 96 | 100 | 97 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,0 |
| 23 | 4,0 | 5,0 | 4,6 | 4,5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 1 | gelato |
| 24 | 3,8 | 4,8 | 4,3 | 4,3 | 96 | 63 | 94 | 84 | 0 | 0 | 10 | ? | ? | ? | 1 | gelato |
| 25 | 3,7 | 4,2 | 4,1 | 4,0 | 100 | 93 | 100 | 98 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | gelato |
| 26 | 3,5 | 5,0 | 4,4 | 4,3 | 93 | 81 | 98 | 91 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 0 | gelato |
| 27 | 4,2 | 5,4 | 4,6 | 4,7 | 92 | 71 | 96 | 86 | 0 | 0 | 10 | ? | ? | ? | 0 | gelato |
| 28 | 3,7 | 4,3 | 4,4 | 4,1 | 98 | 93 | 100 | 97 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | W | 0 | gelato |
| 29 | 3,5 | 5,1 | 4,8 | 4,5 | 96 | 83 | 94 | 91 | 10 | 8 | 10 | ? | ? | ? | 0 | gelato |
| 30 | 4,5 | 4,7 | 4,5 | 4,6 | 89 | 60 | 78 | 76 | 0 | 0 | 0 | ? | N | ? | 0 | gelato |
| 31 | 4,2 | 5,1 | 4,9 | 4,7 | 91 | 73 | 76 | 80 | 0 | 5 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 3,4(*) |
| | 4,3 | 5,2 | 4,9 | 4,8 | 83 | 78 | 86 | 82 | 5 | 5 | 6 | | | | 2 | 0,9 |

Tens. del vapor acq. mass. $^{mm}$7,6 g. 1.
» » » » min. 2,0 » 15
» » » » media 4,8
Umidità relativa mass. 100 g. 6, 7, 22, 23, 25, 28.
» » min. 29 g. 15
» » media 82

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 30 | 3 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

(*) Comprende anche l'evaporazione dei giorni precedenti in cui l'evaporimetro rimase gelato.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**FEBBRAIO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass.min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 766,3 | 766,8 | 767,1 | 766,7 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 4,7 | 2,2 | 3,0 | 0,4 | pioggia e neve |
| 2 | 766,6 | 765,8 | 765,5 | 766,0 | 2,7 | 5,2 | 5,0 | 5,5 | 2,4 | 3,9 | incalc. | pioggia |
| 3 | 764,3 | 762,8 | 761,7 | 762,9 | 4,0 | 6,8 | 4,8 | 6,8 | 2,9 | 4,6 | | |
| 4 | 758,9 | 755,8 | 753,7 | 756,1 | 1,8 | 5,0 | 4,1 | 5,4 | −0,6 | 2,7 | | |
| 5 | 753,0 | 754,1 | 757,2 | 754,8 | 2,3 | 7,2 | 5,2 | 8,0 | 1,8 | 4,3 | | |
| 6 | 759,4 | 759,5 | 760,7 | 759,9 | 6,1 | 9,2 | 5,7 | 9,4 | 3,8 | 6,2 | | |
| 7 | 760,0 | 758,3 | 757,1 | 758,5 | 5,0 | 10,2 | 7,1 | 10,3 | 2,4 | 6,2 | | |
| 8 | 754,9 | 752,6 | 748,9 | 752,1 | 5,2 | 6,8 | 5,7 | 7,1 | 3,4 | 5,4 | | |
| 9 | 742,8 | 740,7 | 740,5 | 741,3 | 4,1 | 6,6 | 5,0 | 7,2 | 4,1 | 5,1 | 2,0 | pioggia |
| 10 | 744,9 | 747,3 | 751,2 | 747,8 | 5,5 | 8,0 | 4,4 | 8,3 | 4,1 | 5,6 | | |
| 11 | 752,4 | 750,8 | 750,6 | 751,3 | 2,4 | 6,0 | 3,4 | 6,0 | 1,1 | 3,2 | | |
| 12 | 751,4 | 754,1 | 757,3 | 754,3 | 1,4 | 5,6 | 4,4 | 6,0 | 0,1 | 3,0 | | |
| 13 | 761,7 | 761,5 | 762,3 | 761,8 | 2,8 | 7,6 | 5,3 | 7,8 | 1,2 | 4,3 | | |
| 14 | 763,2 | 760,5 | 759,4 | 761,0 | 4,6 | 9,6 | 7,7 | 9,9 | 2,1 | 6,1 | | |
| 15 | 755,2 | 750,1 | 749,8 | 751,7 | 6,2 | 10,0 | 7,3 | 10,0 | 4,3 | 7,0 | | |
| 16 | 749,1 | 748,2 | 745,7 | 747,7 | 9,6 | 14,2 | 13,7 | 15,6 | 6,8 | 11,4 | | |
| 17 | 743,3 | 743,1 | 747,4 | 744,6 | 12,0 | 14,2 | 8,2 | 15,2 | 5,1 | 10,1 | | |
| 18 | 751,1 | 750,6 | 749,9 | 750,5 | 7,7 | 12,0 | 8,2 | 12,1 | 4,7 | 8,2 | | |
| 19 | 744,5 | 743,5 | 744,3 | 744,1 | 6,1 | 12,4 | 11,6 | 13,1 | 5,8 | 9,2 | | |
| 20 | 749,6 | 750,4 | 752,7 | 750,9 | 7,2 | 13,1 | 7,8 | 13,3 | 4,7 | 8,2 | | |
| 21 | 758,0 | 758,2 | 759,1 | 758,4 | 5,3 | 7,4 | 3,9 | 7,8 | 3,9 | 5,2 | | |
| 22 | 757,2 | 754,9 | 752,2 | 754,8 | 2,0 | 3,2 | 3,6 | 3,9 | 0,0 | 2,4 | | |
| 23 | 748,9 | 748,7 | 749,0 | 748,9 | 1,2 | 3,0 | 2,6 | 3,8 | 0,8 | 2,1 | incalc. | pioggia |
| 24 | 748,0 | 747,3 | 747,2 | 747,5 | 3,0 | 5,2 | 3,4 | 6,4 | 2,1 | 3,7 | | |
| 25 | 747,4 | 745,7 | 746,7 | 746,6 | 3,6 | 11,0 | 8,9 | 14,7 | 2,7 | 7,5 | 1,9 | pioggia |
| 26 | 748,8 | 748,7 | 749,3 | 748,9 | 9,0 | 10,4 | 6,0 | 11,4 | 6,0 | 8,1 | incalc. | pioggia |
| 27 | 749,4 | 748,8 | 751,8 | 750,0 | 4,0 | 6,7 | 4,1 | 7,6 | 4,0 | 4,9 | | |
| 28 | 754,9 | 753,8 | 753,7 | 754,1 | 3,8 | 9,0 | 6,3 | 9,4 | 3,1 | 5,6 | | |
| 29 | 751,1 | 748,9 | 745,6 | 748,5 | 5,6 | 6,4 | 6,5 | 6,8 | 5,0 | 6,0 | 3,3 | pioggia |
| | 753,7 | 752,8 | 753,0 | 753,2 | 4,7 | 8,1 | 6,0 | 8,7 | 3,1 | 5,6 | 7,6 | |

Altezza barometrica massima 767,1 (mm.) g. 1
» » minima 740,5 » 9
» » media 753,2

Temperatura massima 15,6 (°) g. 16
» minima — 0,6 » 4
» media 5,6

Nebbia nei giorni 1, 2, 5, 23, 24, 25, 27, 29.
Gelo nel giorno 4.

## Osservazioni meteorologiche fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**FEBBRAIO 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilometri all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | mm |
| 1 | 5,1 | 5,1 | 5,5 | 5,2 | 93 | 93 | 98 | 95 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 1 | 1,7 |
| 2 | 5,4 | 5,4 | 5,8 | 5,5 | 96 | 81 | 89 | 89 | 10 | 10 | 10 | W | ? | ? | 2 | 1,5 |
| 3 | 5,1 | 5,9 | 5,2 | 5,4 | 83 | 79 | 81 | 81 | 0 | 10 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,3 |
| 4 | 4,8 | 5,7 | 5,4 | 5,3 | 93 | 87 | 88 | 89 | 10 | 10 | 10 | ? | NW | SE | 8 | 1,3 |
| 5 | 5,1 | 5,4 | 5,7 | 5,4 | 95 | 71 | 86 | 84 | 10 | 0 | 0 | W | ? | W | 8 | 1,2 |
| 6 | 5,7 | 6,2 | 5,5 | 5,8 | 80 | 71 | 80 | 77 | 0 | 0 | 0 | W | ? | W | 2 | 1,1 |
| 7 | 5,1 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 78 | 65 | 74 | 72 | 0 | 1 | 0 | ? | ? | ? | 3 | 1,4 |
| 8 | 5,4 | 6,1 | 6,4 | 6,0 | 81 | 82 | 94 | 86 | 10 | 10 | 10 | W | ? | W | 1 | 0,2 |
| 9 | 5,6 | 5,4 | 5,8 | 5,6 | 92 | 74 | 89 | 85 | 10 | 8 | 10 | W | ? | ? | 4 | 1,0 |
| 10 | 5,1 | 3,5 | 5,5 | 4,7 | 75 | 44 | 87 | 69 | 2 | 8 | 6 | ? | W | S | 4 | 1,3 |
| 11 | 4,3 | 3,3 | 3,7 | 3,8 | 79 | 47 | 63 | 63 | 0 | 2 | 0 | W | W | ? | 5 | 2,3 |
| 12 | 3,6 | 3,9 | 4,2 | 3,9 | 71 | 58 | 66 | 65 | 3 | 8 | 0 | ? | W | ? | 4 | 1,7 |
| 13 | 3,5 | 4,4 | 4,0 | 4,0 | 62 | 56 | 60 | 59 | 0 | 1 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,1 |
| 14 | 3,6 | 5,1 | 4,3 | 4,3 | 56 | 57 | 55 | 56 | 0 | 0 | 0 | SW | ? | ? | 4 | 1,7 |
| 15 | 5,0 | 5,5 | 5,2 | 5,2 | 70 | 60 | 67 | 66 | 0 | 8 | 0 | ? | ? | W | 1 | 1,0 |
| 16 | 5,3 | 6,9 | 5,0 | 5,7 | 59 | 57 | 43 | 53 | 0 | 0 | 0 | SW | ? | SW | 15 | 1,8 |
| 17 | 5,6 | 2,5 | 1,7 | 3,3 | 54 | 21 | 21 | 32 | 0 | 2 | 0 | W | NW | W | 24 | 5,0 |
| 18 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,5 | 32 | 24 | 28 | 28 | 0 | 2 | 0 | W | W | SW | 7 | 5,7 |
| 19 | 3,1 | 4,5 | 4,3 | 4,0 | 44 | 41 | 42 | 42 | 0 | 2 | 0 | ? | W | W | 4 | 4,0 |
| 20 | 4,4 | 3,3 | 5,4 | 4,4 | 58 | 29 | 68 | 52 | 0 | 0 | 0 | ? | S | SE | 8 | 3,5 |
| 21 | 4,7 | 3,7 | 3,0 | 3,8 | 71 | 48 | 50 | 56 | 6 | 2 | 0 | ? | N | SE | 8 | 5,8 |
| 22 | 3,4 | 4,2 | 4,0 | 3,9 | 64 | 73 | 67 | 68 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 1 | 1,3 |
| 23 | 4,6 | 5,1 | 5,3 | 5,0 | 92 | 89 | 96 | 92 | 10 | 10 | 10 | W | NW | W | 2 | 1,0 |
| 24 | 5,6 | 6,4 | 5,6 | 5,9 | 98 | 97 | 97 | 97 | 10 | 10 | 10 | ? | W | W | 2 | 0,0 |
| 25 | 5,4 | 7,6 | 7,7 | 6,9 | 91 | 77 | 90 | 86 | 10 | 8 | 4 | ? | NE | W | 9 | 0,0 |
| 26 | 5,0 | 4,8 | 5,4 | 5,1 | 58 | 51 | 77 | 62 | 0 | 8 | 6 | SW | SW | W | 17 | 2,5 |
| 27 | 5,1 | 5,9 | 5,8 | 5,6 | 83 | 81 | 95 | 86 | 8 | 10 | 10 | ? | W | W | 6 | 3,1 |
| 28 | 5,2 | 6,1 | 6,4 | 5,9 | 87 | 71 | 89 | 82 | 5 | 10 | 10 | ? | ? | E | 3 | 0,5 |
| 29 | 6,4 | 6,8 | 6,9 | 6,7 | 94 | 94 | 95 | 94 | 10 | 10 | 10 | ? | W | ? | 2 | 0,6 |
| | 4,8 | 5,1 | 5,1 | 5,0 | 75 | 65 | 74 | 71 | 5 | 6 | 4 | | | | 5 | 1,9 |

Tens. del vapor acq. mass. 7,7 g. 25
» » » » min. 1,7 » 17
» » » » media 5,0

Umidità relativa mass. 98 g. 1,24
» » min. 21 » 17
» » media 71

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 6 | 31 | 3 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**MARZO 1916** — Tempo medio dell' Europa centrale

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | Temperatura centigrada 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Mass. | Min. | Media mass. min. 9$^{h}$, 21$^{h}$ | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 740,4 | 739,4 | 740,0 | 739,9 | 6,4 | 7,0 | 6,0 | 7,8 | 5,6 | 6,4 | 10,5 | pioggia |
| 2 | 737,7 | 736,8 | 737,0 | 737,2 | 4,6 | 7,6 | 6,8 | 8,4 | 3,3 | 5,8 | | |
| 3 | 736,9 | 736,4 | 736,5 | 736,6 | 6,9 | 9,8 | 9,1 | 11,3 | 2,9 | 7,6 | incalc. | pioggia |
| 4 | 734,2 | 734,5 | 736,8 | 735,2 | 6,0 | 8,0 | 5,4 | 9,4 | 5,0 | 6,4 | 0,5 | pioggia |
| 5 | 739,4 | 740,7 | 743,2 | 741,1 | 5,0 | 9,3 | 6,8 | 9,7 | 4,1 | 6,4 | | |
| 6 | 744,6 | 743,0 | 741,7 | 743,1 | 7,4 | 8,4 | 6,2 | 9,6 | 5,0 | 7,0 | incalc. | pioggia |
| 7 | 742,8 | 744,8 | 747,8 | 745,1 | 5,0 | 11,6 | 6,8 | 11,7 | 2,9 | 6,6 | | |
| 8 | 747,9 | 743,8 | 740,0 | 743,9 | 5,2 | 5,0 | 4,4 | 6,8 | 3,8 | 5,0 | 16,0 | pioggia |
| 9 | 740,3 | 741,8 | 744,5 | 742,2 | 3,8 | 6,8 | 6,0 | 7,1 | 2,7 | 4,9 | 0,1 | pioggia |
| 10 | 746,8 | 746,1 | 746,6 | 746,5 | 7,0 | 11,4 | 10,2 | 12,0 | 2,0 | 8,6 | | |
| 11 | 744,9 | 742,7 | 741,7 | 743,1 | 7,7 | 10,8 | 8,7 | 11,4 | 7,1 | 8,7 | incalc. | pioggia |
| 12 | 743,7 | 742,7 | 742,6 | 743,0 | 6,3 | 7,2 | 6,6 | 11,2 | 6,2 | 7,6 | incalc. | pioggia |
| 13 | 741,7 | 744,2 | 748,4 | 744,8 | 9,2 | 14,2 | 12,7 | 15,4 | 6,5 | 11,0 | incalc. | pioggia |
| 14 | 752,4 | 752,6 | 752,6 | 752,5 | 12,7 | 15,6 | 11,8 | 16,2 | 8,0 | 12,2 | | |
| 15 | 750,6 | 750,7 | 752,7 | 751,3 | 13,2 | 16,2 | 12,7 | 16,7 | 9,8 | 13,1 | 2,3 | pioggia |
| 16 | 752,6 | 751,9 | 752,7 | 752,4 | 12,0 | 14,8 | 11,3 | 14,9 | 9,0 | 11,8 | | |
| 17 | 753,2 | 753,6 | 755,9 | 754,2 | 11,4 | 12,8 | 11,3 | 13,0 | 10,4 | 11,5 | 1,8 | pioggia |
| 18 | 758,0 | 757,1 | 757,1 | 757,4 | 11,7 | 15,4 | 13,2 | 16,2 | 8,7 | 12,4 | | |
| 19 | 756,9 | 756,7 | 755,6 | 756,4 | 12,4 | 16,0 | 12,4 | 16,3 | 10,7 | 13,0 | | |
| 20 | 755,4 | 751,5 | 750,5 | 752,5 | 9,1 | 13,0 | 10,6 | 13,8 | 8,6 | 10,5 | | |
| 21 | 742,2 | 738,6 | 740,1 | 740,3 | 9,5 | 13,0 | 8,6 | 14,6 | 8,4 | 10,3 | 11,5 | pioggia |
| 22 | 740,6 | 741,3 | 742,4 | 741,4 | 11,6 | 17,0 | 13,8 | 17,0 | 8,1 | 12,6 | 1,3 | pioggia |
| 23 | 743,5 | 744,2 | 744,8 | 744,2 | 14,5 | 15,2 | 12,5 | 15,9 | 11,1 | 13,5 | incalc. | pioggia |
| 24 | 746,8 | 746,8 | 746,4 | 746,7 | 15,4 | 17,4 | 15,3 | 18,4 | 11,2 | 15,1 | | |
| 25 | 747,9 | 748,2 | 749,4 | 748,5 | 15,8 | 19,8 | 15,6 | 19,9 | 13,1 | 16,1 | | |
| 26 | 750,0 | 748,5 | 749,0 | 749,2 | 10,8 | 15,8 | 12,8 | 16,0 | 10,4 | 12,5 | incalc. | pioggia |
| 27 | 751,0 | 750,8 | 751,7 | 751,2 | 12,1 | 16,4 | 12,4 | 17,2 | 9,3 | 12,8 | | |
| 28 | 752,4 | 751,0 | 751,5 | 751,6 | 13,4 | 17,6 | 13,2 | 17,9 | 10,4 | 13,7 | | |
| 29 | 752,3 | 752,1 | 752,7 | 752,4 | 12,4 | 15,4 | 12,8 | 16,4 | 11,7 | 13,3 | incalc. | pioggia |
| 30 | 755,9 | 757,4 | 760,7 | 758,0 | 11,2 | 11,2 | 9,9 | 13,2 | 9,9 | 11,0 | 10,4 | pioggia |
| 31 | 761,9 | 760,8 | 760,1 | 760,9 | 11,0 | 15,4 | 14,1 | 16,6 | 9,1 | 12,7 | | |
| | 747,2 | 746,8 | 747,5 | 747,2 | 9,7 | 12,7 | 10,3 | 13,6 | 7,7 | 10,3 | 54,4 | |

Altezza barometrica massima 761,9 (mm) g. 31
» » minima 734,2 » 4
» » media 747,2

Temperatura massima 19,9 (°) g. 25
» minima 2,7 » 9
» media 10,3

Nebbia nei giorni 1, 9, 12, 17, 20.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**MARZO 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mm |
| 1 | 6,9 | 6,6 | 6,1 | 6,5 | 95 | 88 | 88 | 90 | 10 | 10 | 5 | W | W | W | 5 | 0,2 |
| 2 | 5,5 | 6,3 | 6,5 | 6,1 | 87 | 80 | 88 | 85 | 10 | 8 | 0 | E | ? | ? | 2 | 0,5 |
| 3 | 4,4 | 5,8 | 4,9 | 5,0 | 59 | 64 | 57 | 60 | 7 | 8 | 10 | SE | W | S | 8 | 1,5 |
| 4 | 5,7 | 5,6 | 5,7 | 5,7 | 82 | 70 | 84 | 79 | 10 | 10 | 3 | ? | ? | W | 7 | 0,5 |
| 5 | 5,5 | 6,3 | 5,5 | 5,8 | 84 | 72 | 74 | 77 | 7 | 8 | 2 | W | W | SW | 6 | 0,4 |
| 6 | 5,3 | 6,6 | 6,6 | 6,2 | 69 | 81 | 92 | 81 | 8 | 10 | 10 | W | ? | E | 8 | 1,4 |
| 7 | 5,3 | 3,6 | 3,6 | 4,2 | 81 | 36 | 49 | 55 | 4 | 2 | 3 | W | SW | SW | 13 | 1,3 |
| 8 | 4,9 | 6,3 | 5,5 | 5,6 | 73 | 97 | 87 | 86 | 10 | 10 | 10 | E | ? | W | 9 | 1,3 |
| 9 | 5,3 | 5,7 | 5,3 | 5,4 | 88 | 77 | 76 | 80 | 10 | 10 | 0 | W | NW | W | 9 | 1,1 |
| 10 | 4,5 | 5,3 | 4,7 | 4,8 | 60 | 53 | 72 | 62 | 6 | 8 | 10 | ? | ? | ? | 4 | 2,0 |
| 11 | 6,6 | 6,8 | 7,2 | 6,9 | 84 | 70 | 86 | 80 | 10 | 8 | 10 | ? | W | S | 6 | 3,0 |
| 12 | 6,6 | 6,3 | 7,1 | 6,7 | 92 | 83 | 97 | 91 | 10 | 10 | 10 | ? | NW | W | 4 | 1,2 |
| 13 | 8,4 | 8,9 | 6,1 | 7,8 | 97 | 74 | 56 | 76 | 10 | 8 | 0 | ? | ? | ? | 3 | 1,3 |
| 14 | 7,8 | 8,0 | 9,2 | 8,3 | 71 | 61 | 89 | 74 | 0 | 10 | 4 | ? | ? | S | 8 | 2,1 |
| 15 | 8,6 | 7,6 | 9,3 | 8,5 | 76 | 56 | 85 | 72 | 4 | 8 | 6 | S | SW | W | 7 | 1,4 |
| 16 | 8,3 | 9,3 | 9,1 | 8,9 | 79 | 74 | 91 | 81 | 3 | 8 | 5 | ? | S | SW | 2 | 1,8 |
| 17 | 9,3 | 9,3 | 7,9 | 8,8 | 93 | 93 | 79 | 88 | 8 | 10 | 3 | ? | ? | SW | 1 | 1,0 |
| 18 | 7,2 | 8,1 | 7,6 | 7,6 | 70 | 63 | 67 | 67 | 0 | 2 | 0 | SW | ? | ? | 2 | 1,4 |
| 19 | 7,0 | 6,8 | 7,6 | 7,1 | 65 | 50 | 71 | 62 | 0 | 1 | 4 | ? | NW | E | 5 | 2,2 |
| 20 | 7,8 | 8,8 | 8,8 | 8,5 | 91 | 79 | 92 | 87 | 10 | 10 | 10 | ? | NW | ? | 6 | 3,2 |
| 21 | 8,0 | 7,6 | 7,7 | 7,8 | 91 | 68 | 92 | 84 | 10 | 10 | 10 | ? | NW | ? | 9 | 1,3 |
| 22 | 7,0 | 7,2 | 6,0 | 6,7 | 69 | 50 | 51 | 57 | 2 | 5 | 10 | ? | W | SW | 10 | 1,5 |
| 23 | 6,4 | 5,3 | 6,2 | 6,0 | 52 | 42 | 58 | 51 | 1 | 8 | 4 | SW | SW | W | 22 | 4,0 |
| 24 | 7,4 | 6,4 | 6,2 | 6,7 | 57 | 43 | 48 | 49 | 4 | 8 | 10 | SW | SW | SW | 22 | 2,6 |
| 25 | 6,3 | 6,2 | 6,1 | 6,2 | 47 | 36 | 46 | 42 | 8 | 6 | 10 | SW | SW | SW | 19 | 1,6 |
| 26 | 6,1 | 5,7 | 7,5 | 6,4 | 63 | 42 | 68 | 58 | 10 | 2 | 2 | W | N | NW | 6 | 2,9 |
| 27 | 5,8 | 5,5 | 5,0 | 5,4 | 55 | 40 | 47 | 47 | 0 | 5 | 0 | W | NW | SW | 16 | 2,8 |
| 28 | 4,7 | 4,8 | 5,5 | 5,0 | 41 | 32 | 48 | 50 | 0 | 5 | 4 | SW | W | SW | 17 | 3,3 |
| 29 | 6,5 | 7,4 | 6,6 | 6,8 | 61 | 57 | 60 | 49 | 8 | 8 | 5 | SW | SW | SW | 30 | 3,0 |
| 30 | 8,2 | 8,9 | 8,3 | 8,5 | 78 | 90 | 91 | 86 | 10 | 10 | 10 | ? | W | ? | 5 | 1,7 |
| 31 | 8,3 | 8,7 | 8,2 | 8,4 | 85 | 66 | 68 | 73 | 3 | 8 | 0 | ? | ? | ? | 3 | 1,3 |
| | 6,6 | 6,8 | 6,7 | 6,7 | 74 | 64 | 73 | 70 | 6 | 8 | 5 | | | | 9 | 1,8 |

Tens. del vapor acq. mass. 9,3 mm g. 15, 16, 17
» » » » min. 3,6 » 7
» » » » media 6,7

Umidità relativa mass. 97 g. 8, 12, 13
» » min. 32 » 28
» » media 70

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 4 | 1 | 5 | 22 | 21 | 7 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 6

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**APRILE 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 759, 8 | 758, 8 | 758, 5 | 759, 0 | 11, 7 | 16, 2 | 14, 1 | 17, 2 | 9, 3 | 13, 1 | | |
| 2 | 758, 1 | 757, 4 | 757, 6 | 757, 7 | 13, 7 | 17, 4 | 13, 9 | 17, 8 | 11, 1 | 14, 1 | | |
| 3 | 758, 3 | 757, 2 | 758, 2 | 757, 9 | 13, 4 | 18, 2 | 14, 6 | 19, 0 | 9, 4 | 14, 1 | | |
| 4 | 757, 0 | 755, 5 | 754, 8 | 755, 8 | 13, 3 | 18, 4 | 14, 6 | 19, 0 | 9, 7 | 14, 2 | | |
| 5 | 753, 5 | 753, 3 | 754, 5 | 753, 8 | 14, 8 | 17, 0 | 12, 3 | 17, 0 | 12, 3 | 14, 1 | 2, 4 | pioggia |
| 6 | 753, 6 | 752, 3 | 752, 4 | 752, 8 | 12, 0 | 16, 0 | 13, 6 | 16, 0 | 10, 4 | 13, 0 | 0, 2 | pioggia |
| 7 | 751, 5 | 750, 2 | 750, 7 | 750, 8 | 12, 8 | 17, 2 | 14, 0 | 17, 6 | 10, 7 | 13, 8 | | |
| 8 | 750, 9 | 751, 3 | 752, 4 | 751, 5 | 13, 0 | 15, 2 | 13, 4 | 16, 0 | 12, 0 | 13, 6 | incalc. | pioggia |
| 9 | 753, 4 | 752, 2 | 752, 1 | 752, 6 | 14, 7 | 18, 9 | 16, 6 | 19, 6 | 12, 3 | 15, 8 | | |
| 10 | 750, 2 | 747, 8 | 747, 3 | 748, 4 | 17, 8 | 21, 8 | 17, 0 | 22, 2 | 13, 7 | 17, 7 | | |
| 11 | 750, 1 | 748, 5 | 747, 0 | 748, 5 | 11, 5 | 12, 6 | 11, 9 | 17, 0 | 11, 1 | 12, 9 | | |
| 12 | 745, 3 | 746, 0 | 748, 6 | 746, 6 | 8, 6 | 9, 8 | 11, 0 | 11, 9 | 8, 6 | 10, 0 | 0, 3 | pioggia |
| 13 | 745, 9 | 744, 1 | 743, 1 | 744, 4 | 14, 5 | 20, 6 | 16, 3 | 21, 3 | 9, 2 | 15, 3 | | |
| 14 | 740, 9 | 742, 4 | 748, 2 | 743, 8 | 15, 4 | 16, 2 | 8, 6 | 17, 0 | 8, 6 | 12, 4 | incalc. | pioggia |
| 15 | 748, 6 | 748, 1 | 748, 2 | 748, 3 | 12, 1 | 15, 0 | 11, 3 | 15, 4 | 7, 8 | 11, 6 | | |
| 16 | 749, 4 | 749, 4 | 750, 4 | 749, 7 | 10, 2 | 13, 2 | 10, 8 | 13, 6 | 6, 0 | 10, 2 | | |
| 17 | 750, 9 | 749, 4 | 749, 1 | 749, 8 | 11, 8 | 15, 6 | 12, 6 | 16, 2 | 8, 4 | 12, 2 | | |
| 18 | 744, 2 | 742, 0 | 742, 6 | 742, 9 | 13, 4 | 12, 4 | 9, 3 | 16, 6 | 9, 3 | 12, 2 | incalc. | pioggia |
| 19 | 742, 4 | 740, 9 | 742, 6 | 742, 0 | 10, 3 | 15, 6 | 13, 4 | 16, 6 | 6, 0 | 11, 6 | | |
| 20 | 744, 7 | 745, 4 | 747, 2 | 745, 8 | 11, 3 | 17, 8 | 14, 6 | 18, 6 | 9, 1 | 13, 4 | | |
| 21 | 748, 5 | 747, 6 | 747, 0 | 747, 7 | 16, 6 | 18, 8 | 14, 5 | 18, 9 | 11, 1 | 15, 3 | | |
| 22 | 744, 4 | 743, 4 | 743, 8 | 743, 9 | 15, 0 | 18, 8 | 16, 4 | 19, 7 | 12, 8 | 16, 0 | 1, 3 | pioggia |
| 23 | 744, 9 | 745, 6 | 750, 5 | 746, 9 | 11, 8 | 13, 7 | 10, 2 | 16, 9 | 10, 2 | 12, 3 | 0, 1 | pioggia |
| 24 | 754, 4 | 754, 2 | 755, 5 | 754, 7 | 9, 9 | 13, 6 | 11, 4 | 14, 5 | 7, 0 | 10, 7 | 28, 7 | pioggia |
| 25 | 756, 8 | 756, 4 | 756, 3 | 756, 5 | 11, 2 | 10, 6 | 14, 7 | 17, 8 | 9, 9 | 13, 4 | incalc. | pioggia |
| 26 | 756, 3 | 755, 9 | 756, 4 | 756, 2 | 14, 0 | 18, 2 | 16, 6 | 19, 0 | 12, 3 | 15, 5 | incalc. | pioggia |
| 27 | 754, 9 | 754, 5 | 755, 5 | 755, 0 | 18, 4 | 15, 6 | 14, 8 | 18, 6 | 14, 6 | 16, 6 | 0, 2 | pioggia |
| 28 | 755, 7 | 755, 6 | 755, 6 | 755, 6 | 10, 9 | 13, 0 | 11, 9 | 14, 8 | 10, 6 | 12, 0 | 0, 8 | pioggia |
| 29 | 753, 8 | 752, 3 | 751, 4 | 752, 5 | 14, 0 | 18, 8 | 15, 7 | 19, 6 | 10, 6 | 15, 0 | | |
| 30 | 751, 8 | 751, 4 | 752, 2 | 751, 3 | 14, 9 | 19, 9 | 13, 6 | 20, 1 | 11, 8 | 15, 1 | 25, 0 | pioggia e grand. |
| | 751, 0 | 750, 3 | 751, 0 | 750, 8 | 13, 1 | 16, 4 | 13, 5 | 17, 5 | 10, 2 | 13, 6 | 59, 0 | |

Altezza barometrica massima 759,8 g. 1
» » minima 740, 9 » 14, 19
» » media 750, 8

Temperatura massima 22, 2 g. 10
» minima 6, 0 » 16, 19
» media 13, 6

Nebbia nei giorni 7, 8.
Temporale nel giorno 30.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**APRILE 1916** - Tempo medio dell' Europa centrale

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | mm |
| 1 | 8,1 | 6,4 | 8,3 | 7,6 | 79 | 47 | 69 | 65 | 0 | 5 | 0 | NW | W | ? | 2 | 1,6 |
| 2 | 8,3 | 5,4 | 6,8 | 6,8 | 71 | 36 | 58 | 55 | 0 | 0 | 0 | W | W | W | 4 | 1,8 |
| 3 | 6,0 | 7,5 | 7,6 | 7,0 | 52 | 48 | 62 | 54 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | E | 3 | 2,9 |
| 4 | 8,9 | 9,8 | 10,2 | 9,6 | 78 | 62 | 82 | 74 | 0 | 6 | 3 | ? | W | S | 3 | 2,0 |
| 5 | 8,5 | 9,8 | 9,1 | 9,1 | 68 | 68 | 86 | 74 | 10 | 10 | 10 | SW | W | S | 10 | 1,9 |
| 6 | 9,2 | 10,4 | 9,8 | 9,8 | 88 | 77 | 84 | 83 | 10 | 5 | 5 | ? | W | W | 2 | 1,0 |
| 7 | 9,6 | 8,4 | 9,5 | 9,2 | 87 | 57 | 80 | 75 | 10 | 6 | 10 | ? | NE | W | 7 | 1,0 |
| 8 | 10,2 | 9,6 | 9,6 | 9,8 | 92 | 74 | 84 | 93 | 10 | 10 | 8 | ? | SW | W | 8 | 1,4 |
| 9 | 8,3 | 8,2 | 9,2 | 8,6 | 67 | 51 | 66 | 61 | 5 | 2 | 0 | W | W | NW | 2 | 1,5 |
| 10 | 8,4 | 8,8 | 8,2 | 8,5 | 55 | 45 | 57 | 52 | 0 | 2 | 5 | SW | W | SW | 22 | 2,8 |
| 11 | 8,3 | 8,1 | 9,2 | 8,5 | 82 | 74 | 89 | 82 | 10 | 10 | 10 | NE | SE | SE | 16 | 3,8 |
| 12 | 7,7 | 7,9 | 7,6 | 7,7 | 92 | 87 | 77 | 85 | 10 | 10 | 0 | NE | W | SW | 9 | 1,1 |
| 13 | 7,9 | 8,3 | 7,1 | 7,8 | 65 | 47 | 51 | 54 | 0 | 0 | 0 | SW | W | SW | 11 | 1,6 |
| 14 | 6,9 | 2,4 | 5,7 | 5,0 | 53 | 17 | 68 | 46 | 8 | 8 | 2 | W | W | NW | 18 | 5,6 |
| 15 | 2,7 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 26 | 19 | 26 | 24 | 0 | 5 | 2 | NW | W | NW | 15 | 4,8 |
| 16 | 3,0 | 2,9 | 4,7 | 3,5 | 32 | 27 | 48 | 36 | 2 | 6 | 0 | W | NW | W | 9 | 4,8 |
| 17 | 3,1 | 3,2 | 5,2 | 3,8 | 30 | 24 | 48 | 34 | 0 | 0 | 0 | W | W | W | 13 | 6,4 |
| 18 | 5,9 | 7,0 | 7,2 | 6,7 | 52 | 65 | 83 | 67 | 9 | 10 | 0 | SW | W | ? | 28 | 5,2 |
| 19 | 7,0 | 5,1 | 5,7 | 5,9 | 74 | 38 | 50 | 54 | 0 | 5 | 3 | ? | SW | SW | 20 | 2,6 |
| 20 | 7,7 | 5,9 | 6,2 | 6,6 | 76 | 39 | 49 | 55 | 5 | 8 | 0 | ? | W | ? | 10 | 1,8 |
| 21 | 8,3 | 8,2 | 10,4 | 9,0 | 59 | 51 | 84 | 65 | 6 | 3 | 8 | ? | W | SE | 6 | 3,2 |
| 22 | 9,7 | 10,1 | 10,4 | 10,1 | 76 | 63 | 75 | 71 | 6 | 8 | 7 | ? | W | SW | 5 | 2,6 |
| 23 | 7,4 | 7,2 | 8,3 | 7,6 | 71 | 62 | 90 | 74 | 10 | 8 | 10 | W | W | NW | 13 | 3,1 |
| 24 | 6,6 | 6,5 | 7,8 | 7,0 | 73 | 56 | 78 | 69 | 4 | 5 | 3 | NW | W | W | 5 | 1,9 |
| 25 | 7,7 | 8,2 | 8,4 | 8,1 | 77 | 58 | 68 | 68 | 9 | 6 | 3 | W | W | NW | 5 | 1,6 |
| 26 | 10,5 | 11,0 | 10,8 | 10,8 | 89 | 71 | 76 | 79 | 10 | 8 | 7 | NW | W | ? | 3 | 2,3 |
| 27 | 9,6 | 10,1 | 9,1 | 9,6 | 61 | 77 | 72 | 70 | 4 | 8 | 3 | N | W | SE | 5 | 1,3 |
| 28 | 8,9 | 8,1 | 8,0 | 8,3 | 91 | 73 | 77 | 80 | 10 | 10 | 0 | NE | ? | NE | 3 | 2,2 |
| 29 | 6,0 | 6,6 | 6,1 | 6,2 | 50 | 41 | 46 | 46 | 0 | 2 | 0 | NW | W | ? | 10 | 3,0 |
| 30 | 9,0 | 7,8 | 8,5 | 8,4 | 71 | 45 | 73 | 63 | 4 | 5 | 10 | ? | N | ? | 13 | 3,4 |
| | 7,6 | 7,4 | 7,9 | 7,6 | 68 | 53 | 69 | 64 | 5 | 6 | 4 | | | | 9 | 2,7 |

Tens. del vapor acq. mass. 11,0 (mm) g. 26
» » » » min. 2,4 » 14
» » » » media 7,6

Umidità relativa mass. 92 g. 8, 12
» » min. 17 » 14
» » media 64

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 5 | 1 | 4 | 2 | 11 | 36 | 11 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

| Giorni del mese | **MAGGIO 1916** — Tempo medio dell'Europa centrale | | | | | | | | | | **Precipitazione** pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barometro ridotto a 0° C. | | | | Temperatura centigrada | | | | | | | |
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | | |
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 753, 4 | 753, 1 | 753, 4 | 753, 3 | 14, 0 | 18, 2 | 13, 6 | 19, 4 | 11, 2 | 14, 6 | 6, 0 | pioggia |
| 2 | 754, 4 | 754, 3 | 754, 3 | 754, 3 | 13, 8 | 16, 4 | 15, 2 | 19, 0 | 11, 5 | 14, 9 | 6, 2 | pioggia |
| 3 | 754, 8 | 754, 8 | 754, 3 | 754, 4 | 15, 8 | 19, 6 | 16, 4 | 20, 7 | 11, 1 | 16, 0 | | |
| 4 | 755, 0 | 753, 7 | 753, 1 | 753, 9 | 14, 6 | 19, 6 | 15, 7 | 20, 4 | 12, 1 | 15, 7 | | |
| 5 | 748, 9 | 747, 8 | 748, 4 | 748, 4 | 15, 3 | 17, 8 | 16, 4 | 18, 6 | 13, 6 | 16, 0 | incalc. | pioggia |
| 6 | 751, 7 | 752, 1 | 752, 3 | 752, 0 | 18, 4 | 22, 4 | 18, 6 | 23, 6 | 14, 1 | 18, 7 | | |
| 7 | 753, 9 | 753, 4 | 752, 2 | 753, 2 | 19, 3 | 20, 1 | 18, 1 | 21, 6 | 14, 3 | 18, 3 | | |
| 8 | 749, 7 | 748, 1 | 750, 0 | 749, 3 | 18, 2 | 22, 6 | 18, 2 | 23, 6 | 15, 4 | 18, 8 | | |
| 9 | 752, 6 | 753, 1 | 754, 4 | 753, 4 | 18, 0 | 20, 6 | 17, 2 | 22, 0 | 13, 1 | 17, 6 | | |
| 10 | 754, 5 | 752, 6 | 752, 6 | 753, 2 | 15, 9 | 20, 2 | 17, 6 | 21, 0 | 12, 0 | 16, 6 | | |
| 11 | 753, 2 | 752, 2 | 752, 3 | 752, 6 | 18, 3 | 22, 0 | 17, 4 | 22, 4 | 14, 2 | 18, 1 | | |
| 12 | 753, 0 | 752, 0 | 752, 0 | 752, 3 | 18, 2 | 21, 0 | 17, 4 | 22, 0 | 13, 0 | 17, 6 | | |
| 13 | 751, 1 | 750, 3 | 750, 9 | 750, 8 | 16, 2 | 17, 2 | 15, 5 | 21, 6 | 11, 7 | 16, 2 | 17, 1 | piogggia gr. |
| 14 | 750, 4 | 749, 8 | 750, 6 | 750, 3 | 12, 9 | 14, 6 | 13, 9 | 15, 5 | 12, 9 | 13, 8 | 4, 4 | pioggia |
| 15 | 751, 6 | 751, 4 | 753, 0 | 752, 0 | 15, 3 | 19, 8 | 17, 0 | 21, 0 | 12, 8 | 16, 5 | 0, 2 | pioggia |
| 16 | 754, 5 | 754, 7 | 756, 0 | 755, 1 | 18, 9 | 22, 4 | 19, 8 | 23, 5 | 12, 9 | 18, 8 | | |
| 17 | 759, 8 | 759, 1 | 759, 9 | 759, 6 | 19, 7 | 22, 4 | 20, 0 | 23, 4 | 14, 9 | 19, 5 | | |
| 18 | 761, 4 | 760, 2 | 759, 4 | 760, 3 | 18, 4 | 25, 0 | 21, 6 | 25, 8 | 14, 7 | 20, 1 | | |
| 19 | 758, 1 | 755, 4 | 754, 7 | 756, 1 | 22, 2 | 27, 8 | 23, 8 | 28, 4 | 17, 7 | 23, 0 | | |
| 20 | 756, 2 | 756, 2 | 757, 6 | 756, 7 | 19, 8 | 24, 4 | 19, 2 | 25, 2 | 15, 4 | 19, 9 | | |
| 21 | 760, 3 | 760, 1 | 760, 2 | 760, 2 | 17, 4 | 23, 3 | 19, 1 | 24, 0 | 13, 7 | 18, 6 | | |
| 22 | 760, 2 | 758, 4 | 757, 5 | 758, 7 | 20, 0 | 25, 2 | 21, 9 | 26, 3 | 14, 6 | 20, 7 | | |
| 23 | 756, 9 | 754, 9 | 755, 0 | 755, 6 | 22, 4 | 25, 8 | 23, 5 | 26, 8 | 18, 8 | 22, 9 | | |
| 24 | 755, 1 | 753, 6 | 753, 1 | 753, 9 | 21, 4 | 24, 8 | 23, 0 | 26, 9 | 18, 9 | 22, 6 | | |
| 25 | 754, 1 | 753, 1 | 752, 7 | 753, 3 | 21, 0 | 25, 4 | 22, 2 | 26, 6 | 17, 2 | 21, 8 | | |
| 26 | 752, 3 | 750, 6 | 750, 2 | 751, 0 | 21, 9 | 23, 0 | 18, 0 | 26, 0 | 18, 0 | 21, 0 | 6, 4 | pioggia |
| 27 | 747, 8 | 746, 6 | 747, 4 | 747, 3 | 16, 1 | 18, 0 | 14, 4 | 19, 4 | 14, 0 | 16, 0 | 7, 8 | pioggia |
| 28 | 747, 0 | 746, 3 | 747, 0 | 746, 9 | 17, 2 | 19, 0 | 16, 6 | 20, 3 | 13, 1 | 16, 8 | 1, 8 | pioggia |
| 29 | 748, 3 | 747, 9 | 750, 2 | 749, 0 | 17, 8 | 21, 6 | 19, 0 | 22, 1 | 14, 9 | 18, 4 | | |
| 30 | 752, 3 | 751, 9 | 753, 0 | 752, 4 | 21, 4 | 23, 0 | 19, 4 | 24, 6 | 16, 0 | 20, 4 | | |
| 31 | 755, 2 | 754, 5 | 755, 0 | 754, 9 | 18, 7 | 24, 7 | 20, 3 | 25, 0 | 16, 3 | 20, 1 | | |
| | 753, 8 | 753, 0 | 753, 3 | 753, 4 | 18, 0 | 21, 5 | 18, 4 | 22, 8 | 14, 3 | 18, 4 | 49, 9 | |

Altezza barometrica massima 761, 4 (mm) g. 18
» » minima 746, 6 » 27
» » media 753, 4

Temperatura massima 28, 4 (°) g. 19
» minima 11, 1 » 3
» media 18, 4

Temporale nei giorni 1, 13.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**MAGGIO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mm |
| 1 | 9,0 | 10,2 | 9,8 | 9,7 | 76 | 67 | 84 | 76 | 3 | 10 | 1 | ? | W | S | 2 | 2,3 |
| 2 | 10,2 | 9,1 | 11,4 | 10,2 | 86 | 66 | 89 | 80 | 10 | 10 | 0 | ? | W | SE | 1 | 1,6 |
| 3 | 10,8 | 11,0 | 11,3 | 11,0 | 81 | 65 | 81 | 76 | 3 | 2 | 0 | ? | NW | SE | 3 | 2,0 |
| 4 | 11,5 | 11,3 | 10,6 | 11,1 | 93 | 67 | 80 | 80 | 10 | 8 | 9 | W | NW | E | 5 | 2,2 |
| 5 | 12,0 | 12,4 | 12,1 | 12,2 | 92 | 82 | 87 | 87 | 10 | 10 | 9 | NE | NW | NW | 9 | 1,7 |
| 6 | 8,2 | 7,4 | 8,2 | 7,9 | 52 | 37 | 51 | 47 | 6 | 5 | 0 | SW | SW | SW | 21 | 4,5 |
| 7 | 7,7 | 9,0 | 10,1 | 8,9 | 46 | 52 | 65 | 54 | 0 | 6 | 4 | SW | N | ? | 8 | 4,2 |
| 8 | 8,1 | 9,2 | 7,0 | 8,1 | 52 | 45 | 45 | 47 | 10 | 5 | 0 | SW | SW | SW | 14 | 3,6 |
| 9 | 5,9 | 5,8 | 8,9 | 6,9 | 38 | 32 | 61 | 44 | 0 | 2 | 2 | NW | W | W | 10 | 5,8 |
| 10 | 9,4 | 9,0 | 9,4 | 9,3 | 70 | 51 | 63 | 61 | 0 | 6 | 0 | N | W | E | 2 | 3,0 |
| 11 | 8,5 | 8,2 | 7,4 | 8,0 | 54 | 42 | 50 | 49 | 0 | 3 | 6 | W | W | S | 7 | 3,3 |
| 12 | 8,8 | 9,0 | 10,4 | 9,4 | 57 | 49 | 70 | 59 | 0 | 5 | 2 | E | E | SE | 5 | 3,4 |
| 13 | 11,0 | 11,6 | 11,6 | 11,4 | 82 | 80 | 88 | 83 | 0 | 10 | 7 | ? | NW | W | 3 | 2,4 |
| 14 | 10,2 | 10,9 | 11,9 | 10,7 | 90 | 88 | 92 | 91 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 1,4 |
| 15 | 9,8 | 8,9 | 10,4 | 9,7 | 75 | 52 | 72 | 66 | 5 | 5 | 0 | NW | NW | ? | 2 | 1,9 |
| 16 | 10,6 | 9,9 | 10,9 | 10,5 | 65 | 49 | 64 | 59 | 0 | 2 | 0 | E | W | ? | 4 | 3,0 |
| 17 | 9,0 | 7,6 | 8,8 | 8,5 | 53 | 38 | 51 | 47 | 0 | 2 | 0 | NE | NW | ? | 3 | 3,6 |
| 18 | 10,1 | 7,8 | 8,0 | 8,6 | 64 | 33 | 41 | 46 | 0 | 0 | 0 | W | SW | SW | 1 | 4,7 |
| 19 | 9,1 | 11,3 | 10,6 | 10,3 | 46 | 41 | 48 | 45 | 0 | 2 | 0 | W | NW | SW | 11 | 5,2 |
| 20 | 12,7 | 10,8 | 9,6 | 11,0 | 74 | 48 | 58 | 60 | 0 | 0 | 0 | W | NW | SE | 12 | 4,8 |
| 21 | 9,4 | 9,4 | 7,2 | 8,7 | 64 | 41 | 44 | 50 | 0 | 0 | 0 | W | N | SE | 5 | 4,4 |
| 22 | 11,4 | 11,0 | 10,2 | 10,9 | 65 | 45 | 62 | 57 | 0 | 0 | 0 | W | W | SE | 3 | 4,6 |
| 23 | 9,6 | 11,9 | 9,2 | 10,2 | 48 | 48 | 43 | 46 | 0 | 5 | 4 | SW | ? | SW | 14 | 5,9 |
| 24 | 11,1 | 11,5 | 8,8 | 10,5 | 59 | 50 | 42 | 50 | 2 | 2 | 2 | W | W | SW | 11 | 5,4 |
| 25 | 9,3 | 11,5 | 9,5 | 10,1 | 51 | 48 | 48 | 49 | 0 | 3 | 0 | N | W | S | 10 | 5,5 |
| 26 | 10,2 | 11,1 | 12,8 | 11,4 | 52 | 53 | 83 | 63 | 3 | 8 | 10 | SW | SW | W | 19 | 3,5 |
| 27 | 11,2 | 9,8 | 10,8 | 10,6 | 82 | 64 | 89 | 78 | 10 | 10 | 7 | ? | NW | W | 4 | 2,3 |
| 28 | 9,2 | 10,5 | 12,0 | 10,6 | 63 | 65 | 85 | 71 | 1 | 8 | 8 | NW | ? | W | 6 | 2,6 |
| 29 | 10,0 | 10,4 | 11,7 | 10,7 | 66 | 54 | 72 | 64 | 5 | 6 | 3 | W | NW | SW | 11 | 3,6 |
| 30 | 12,7 | 11,1 | 14,0 | 12,6 | 66 | 53 | 84 | 68 | 3 | 8 | 9 | E | W | W | 4 | 2,5 |
| 31 | 12,5 | 11,3 | 12,4 | 12,1 | 78 | 49 | 70 | 66 | 9 | 4 | 6 | W | N | SE | 5 | 2,8 |
| | 10,0 | 10,0 | 10,2 | 10,1 | 66 | 53 | 67 | 62 | 3 | 5 | 3 | | | | 7 | 3,5 |

Tens. del vapor acq. mass. 14,0 g. 30.
» » » » min. 5,8 » 9
» » » » media 10,1

Umidità relativa mass. 93 g. 4
» » min. 32 » 9
» » media 62

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 2 | 6 | 7 | 3 | 16 | 26 | 14 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 4

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**GIUGNO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass.min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 755,0 | 754,6 | 754,5 | 754,7 | 19,5 | 22,8 | 20,6 | 22,8 | 16,0 | 19,7 | | pioggia e neve |
| 2 | 753,0 | 752,2 | 751,6 | 752,3 | 19,8 | 24,0 | 21,3 | 25,4 | 16,2 | 20,7 | | pioggia |
| 3 | 750,1 | 746,7 | 745,7 | 747,5 | 22,7 | 26,2 | 22,2 | 27,4 | 17,9 | 22,6 | | |
| 4 | 745,8 | 745,9 | 747,8 | 746,5 | 18,6 | 21,9 | 15,4 | 22,5 | 15,4 | 18,0 | | |
| 5 | 749,2 | 749,2 | 750,9 | 749,8 | 17,8 | 23,0 | 18,5 | 24,2 | 13,3 | 18,4 | | |
| 6 | 750,4 | 750,8 | 751,9 | 751,0 | 20,8 | 25,2 | 20,6 | 26,0 | 17,2 | 21,2 | | |
| 7 | 752,8 | 752,6 | 752,6 | 752,7 | 22,1 | 26,8 | 23,3 | 27,3 | 17,8 | 22,6 | | |
| 8 | 753,8 | 753,3 | 753,6 | 753,6 | 22,4 | 25,8 | 22,6 | 26,6 | 17,8 | 22,4 | | |
| 9 | 753,3 | 752,2 | 752,0 | 752,5 | 22,4 | 26,4 | 22,9 | 27,6 | 17,7 | 22,6 | | |
| 10 | 750,2 | 749,9 | 752,5 | 750,9 | 25,3 | 27,0 | 20,5 | 27,6 | 17,3 | 22,7 | | |
| 11 | 756,6 | 756,5 | 756,3 | 756,5 | 20,1 | 23,0 | 19,4 | 24,4 | 16,6 | 20,1 | | |
| 12 | 754,7 | 752,7 | 751,5 | 753,0 | 20,2 | 24,0 | 19,9 | 24,4 | 12,6 | 19,3 | | |
| 13 | 750,6 | 750,1 | 750,6 | 750,4 | 20,0 | 24,6 | 20,2 | 25,4 | 14,8 | 20,1 | | |
| 14 | 750,0 | 748,6 | 748,3 | 749,0 | 19,4 | 24,4 | 21,7 | 25,6 | 15,1 | 20,4 | | |
| 15 | 750,9 | 750,8 | 750,9 | 750,9 | 20,1 | 25,4 | 22,2 | 26,1 | 15,1 | 20,9 | | |
| 16 | 751,6 | 750,9 | 751,6 | 751,4 | 22,9 | 28,0 | 23,3 | 28,5 | 17,8 | 23,1 | | |
| 17 | 755,0 | 754,5 | 753,2 | 754,2 | 20,1 | 23,6 | 20,4 | 24,0 | 17,3 | 20,4 | incalc | pioggia |
| 18 | 750,5 | 749,1 | 748,5 | 749,4 | 20,3 | 22,9 | 20,8 | 23,6 | 17,2 | 20,5 | | |
| 19 | 745,8 | 747,5 | 750,5 | 747,9 | 23,1 | 25,4 | 21,4 | 27,6 | 18,2 | 22,6 | | |
| 20 | 755,1 | 754,8 | 755,0 | 755,0 | 21,7 | 27,0 | 23,5 | 27,7 | 17,1 | 22,5 | | |
| 21 | 756,1 | 755,4 | 755,8 | 755,8 | 22,1 | 27,6 | 23,8 | 28,9 | 17,6 | 23,1 | incalc. | pioggia |
| 22 | 757,5 | 756,1 | 756,7 | 756,8 | 21,7 | 27,6 | 23,7 | 28,0 | 17,5 | 22,7 | | |
| 23 | 757,4 | 756,3 | 755,9 | 756,5 | 25,4 | 28,6 | 24,6 | 29,6 | 18,0 | 24,4 | | |
| 24 | 755,0 | 753,7 | 754,1 | 754,3 | 22,8 | 28,4 | 25,2 | 29,0 | 20,0 | 24,2 | | |
| 25 | 754,3 | 753,2 | 752,8 | 753,4 | 26,0 | 30,0 | 26,8 | 31,3 | 21,6 | 26,4 | | |
| 26 | 751,3 | 749,2 | 748,7 | 749,7 | 24,9 | 28,6 | 25,4 | 29,7 | 20,7 | 25,2 | | |
| 27 | 747,6 | 746,6 | 747,4 | 747,2 | 24,0 | 29,8 | 23,4 | 29,9 | 20,8 | 24,5 | | |
| 28 | 748,2 | 747,8 | 749,0 | 748,3 | 25,2 | 27,6 | 23,1 | 28,0 | 20,1 | 24,1 | | |
| 29 | 752,3 | 752,0 | 753,2 | 752,5 | 21,6 | 27,2 | 25,2 | 27,6 | 19,0 | 23,4 | | |
| 30 | 756,1 | 755,7 | 756,3 | 756,0 | 23,4 | 28,8 | 25,3 | 29,9 | 19,1 | 24,4 | | |
| | 752,3 | 751,6 | 752,0 | 752,0 | 21,9 | 26,1 | 22,2 | 26,9 | 17,4 | 22,1 | incalc. | |

Altezza barometrica massima 757,5 g. 22
» » minima 745,7 » 3
» » media 752,0

Temperatura massima 31°,3 g. 25
» minima 12,6 » 12
» media 22,1

Nebbia nei giorni 1, 2, 5, 23, 24, 25, 27, 29.
Gelo nel giorno 4.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**GIUGNO 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilometri all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mm. |
| 1 | 13,5 | 9,1 | 11,9 | 11,5 | 80 | 44 | 66 | 63 | 9 | 5 | 10 | W | NW | E | 5 | 5,0 |
| 2 | 10,9 | 10,4 | 11,6 | 11,0 | 64 | 47 | 62 | 58 | 0 | 8 | 0 | W | W | SW | 4 | 4,9 |
| 3 | 10,0 | 12,3 | 8,9 | 10,4 | 49 | 49 | 45 | 48 | 0 | 5 | 0 | ? | NW | SW | 11 | 4,5 |
| 4 | 6,0 | 4,5 | 7,6 | 6,0 | 37 | 23 | 59 | 40 | 9 | 4 | 2 | SW | SW | SW | 26 | 6,4 |
| 5 | 7,2 | 6,4 | 7,6 | 7,1 | 48 | 31 | 48 | 42 | 0 | 8 | 0 | ? | W | SW | 12 | 5,6 |
| 6 | 8,9 | 5,4 | 7,4 | 7,2 | 49 | 22 | 41 | 37 | 2 | 5 | 1 | SW | SW | SW | 26 | 4,9 |
| 7 | 8,4 | 8,1 | 7,0 | 7,8 | 42 | 31 | 33 | 35 | 0 | 2 | 2 | SW | W | SW | 16 | 3,8 |
| 8 | 9,6 | 9,4 | 12,2 | 10,4 | 48 | 38 | 60 | 49 | 5 | 8 | 6 | N | W | SE | 5 | 5,7 |
| 9 | 12,7 | 12,1 | 14,9 | 13,2 | 63 | 47 | 72 | 61 | 0 | 8 | 3 | SE | W | E | 5 | 5,0 |
| 10 | 10,7 | 4,8 | 6,0 | 7,2 | 45 | 17 | 33 | 32 | 0 | 2 | 2 | W | W | W | 19 | 4,6 |
| 11 | 6,1 | 4,8 | 7,8 | 6,2 | 35 | 23 | 47 | 35 | 0 | 6 | 0 | NW | NW | SE | 11 | 8,6 |
| 12 | 4,4 | 6,1 | 7,2 | 5,9 | 24 | 27 | 42 | 31 | 0 | 6 | 2 | SW | W | SW | 11 | 5,6 |
| 13 | 8,3 | 4,7 | 5,5 | 6,2 | 47 | 20 | 31 | 33 | 2 | 2 | 0 | NW | W | SW | 18 | 5,2 |
| 14 | 7,9 | 7,3 | 5,5 | 6,9 | 47 | 32 | 28 | 36 | 0 | 5 | 0 | ? | W | SW | 10 | 6,2 |
| 15 | 6,3 | 3,9 | 7,9 | 6,0 | 36 | 17 | 39 | 31 | 0 | 0 | 0 | NW | W | ? | 9 | 8,3 |
| 16 | 8,7 | 9,2 | 6,2 | 8,0 | 42 | 33 | 29 | 35 | 0 | 3 | 7 | ? | W | SW | 20 | 5,8 |
| 17 | 11,0 | 10,7 | 12,6 | 11,4 | 63 | 49 | 71 | 61 | 10 | 10 | 10 | N | W | SE | 8 | 5,0 |
| 18 | 12,9 | 12,4 | 13,5 | 12,9 | 73 | 60 | 74 | 69 | 8 | 7 | 10 | ? | N | SL | 2 | 2,6 |
| 19 | 13,5 | 7,2 | 10,2 | 10,3 | 64 | 30 | 54 | 49 | 0 | 5 | 2 | N | SW | SW | 16 | 5,2 |
| 20 | 9,2 | 5,7 | 11,5 | 8,8 | 48 | 21 | 53 | 41 | 0 | 5 | 7 | W | ? | SE | 12 | 6,0 |
| 21 | 10,7 | 11,4 | 12,4 | 11,5 | 54 | 44 | 57 | 52 | 0 | 5 | 4 | NE | W | SE | 4 | 5,6 |
| 22 | 11,7 | 11,4 | 12,3 | 11,8 | 76 | 42 | 57 | 58 | 4 | 2 | 0 | ? | NW | S | 5 | 4,7 |
| 23 | 11,1 | 10,8 | 12,1 | 11,3 | 46 | 37 | 53 | 45 | 0 | 8 | 9 | W | SW | SE | 7 | 5,9 |
| 24 | 13,4 | 11,9 | 14,0 | 13,1 | 65 | 41 | 59 | 55 | 2 | 8 | 0 | NW | NW | W | 3 | 5,1 |
| 25 | 11,4 | 11,2 | 9,2 | 10,6 | 46 | 36 | 35 | 39 | 0 | 3 | 0 | W | NW | SW | 8 | 5,5 |
| 26 | 11,6 | 10,8 | 9,9 | 10,8 | 50 | 37 | 41 | 43 | 8 | 6 | 0 | ? | W | SW | 15 | 5,9 |
| 27 | 11,1 | 8,1 | 8,6 | 9,3 | 50 | 26 | 40 | 39 | 0 | 5 | 0 | NW | W | SW | 15 | 5,8 |
| 28 | 9,1 | 9,8 | 7,6 | 8,8 | 38 | 36 | 36 | 37 | 0 | 6 | 0 | SW | SW | SW | 26 | 6,9 |
| 29 | 9,7 | 7,6 | 7,9 | 8,4 | 50 | 28 | 33 | 37 | 0 | 2 | 0 | W | W | SW | 7 | 7,4 |
| 30 | 9,9 | 9,1 | 8,9 | 9,3 | 46 | 31 | 37 | 38 | 0 | 5 | 0 | W | NW | W | 8 | 6,6 |
| | 9,9 | 8,6 | 9,5 | 9,3 | 51 | 34 | 48 | 44 | 2 | 5 | 3 | | | | 11 | 5,6 |

Tens. del vapor acq. mass. 14,9 (mm) g. 9
» » » » min. 3,9 » 15
» » » » media 9,3

Umidità relativa mass. 80 g. 1
» » min. 17 » 10, 15.
» » media 44

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 2 | 8 | 1 | 26 | 27 | 12 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 3

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**LUGLIO 1916** — Tempo medio dell' Europa centrale

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | Temperatura centigrada 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Mass. | Min. | Media mass. min. 9$^{h}$, 21$^{h}$ | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 756,7 | 754,6 | 753,5 | 754,9 | 25,6 | 32,0 | 26,4 | 32,6 | 21,1 | 26,5 | | |
| 2 | 753,9 | 751,9 | 751,5 | 752,4 | 23,8 | 30,1 | 26,2 | 30,8 | 21,1 | 25,5 | | |
| 3 | 751,0 | 750,0 | 750,0 | 750,3 | 24,6 | 30,4 | 25,8 | 31,1 | 21,8 | 25,8 | | |
| 4 | 752,2 | 752,0 | 750,2 | 751,5 | 24,9 | 31,0 | 26,6 | 31,2 | 21,0 | 25,9 | incalc. | pioggia |
| 5 | 749,6 | 750,0 | 751,1 | 750,2 | 27,3 | 27,0 | 23,4 | 28,7 | 23,0 | 25,6 | | |
| 6 | 754,1 | 754,0 | 753,6 | 753,9 | 25,6 | 30,0 | 26,6 | 31,2 | 19,4 | 25,7 | | |
| 7 | 753,0 | 751,5 | 751,5 | 752,0 | 24,8 | 29,4 | 25,7 | 29,9 | 21,4 | 25,4 | | |
| 8 | 752,6 | 753,0 | 753,8 | 753,1 | 25,3 | 28,6 | 25,3 | 30,3 | 21,3 | 25,6 | | |
| 9 | 755,1 | 753,4 | 754,1 | 734,2 | 25,0 | 31,4 | 25,7 | 31,6 | 22,1 | 26,1 | | |
| 10 | 752,8 | 750,3 | 750,9 | 751,3 | 25,6 | 32,2 | 29,2 | 32,8 | 20,0 | 26,9 | | |
| 11 | 752,5 | 750,0 | 759,9 | 750,8 | 29,8 | 35,0 | 29,4 | 35,3 | 24,7 | 29,8 | | |
| 12 | 751,9 | 751,4 | 754,5 | 752,6 | 25,6 | 30,2 | 22,4 | 30,5 | 22,4 | 25,2 | | |
| 13 | 755,7 | 753,5 | 753,5 | 754,2 | 24,0 | 28,4 | 22,7 | 28,6 | 19,3 | 23,6 | 3,5 | pioggia |
| 14 | 752,9 | 748,9 | 751,0 | 750,9 | 24,3 | 30,6 | 24,6 | 30,7 | 18,9 | 24,6 | | |
| 15 | 752,2 | 751,4 | 753,6 | 752,4 | 23,1 | 27,2 | 22,6 | 28,3 | 21,2 | 23,8 | | |
| 16 | 755,8 | 754,3 | 753,0 | 754,4 | 19,4 | 26,3 | 22,4 | 27,8 | 16,2 | 21,4 | | |
| 17 | 751,9 | 750,7 | 751,4 | 751,3 | 22,0 | 26,3 | 24,2 | 27,3 | 16,3 | 22,4 | | |
| 18 | 752,6 | 751,6 | 751,1 | 751,8 | 24,4 | 28,7 | 25,0 | 28,9 | 17,8 | 24,0 | | |
| 19 | 752,8 | 752,0 | 752,0 | 752,3 | 24,6 | 28,4 | 25,9 | 30,0 | 20,3 | 25,2 | | |
| 20 | 753,1 | 751,5 | 751,4 | 752,0 | 22,7 | 27,4 | 23,0 | 27,8 | 19,1 | 23,2 | | |
| 21 | 754,5 | 753,6 | 753,9 | 754,0 | 21,3 | 24,5 | 21,8 | 26,3 | 17,7 | 21,8 | 5,9 | pioggia |
| 22 | 755,1 | 754,3 | 754,2 | 754,5 | 24,3 | 28,6 | 24,4 | 29,9 | 17,9 | 24,1 | | |
| 23 | 755,0 | 752,7 | 753,6 | 753,8 | 24,5 | 29,9 | 25,0 | 30,4 | 20,2 | 25,0 | | |
| 24 | 752,9 | 752,2 | 752,4 | 752,5 | 22,4 | 22,6 | 20,2 | 25,0 | 18,8 | 21,6 | 13,4 | pioggia |
| 25 | 752,9 | 752,7 | 752,6 | 752,7 | 22,0 | 27,0 | 24,1 | 28,3 | 18,4 | 23,2 | 0,6 | pioggia |
| 26 | 752,8 | 752,0 | 753,4 | 752,7 | 24,2 | 27,8 | 22,4 | 28,4 | 18,0 | 23,2 | 5,6 | pioggia |
| 27 | 754,5 | 753,6 | 753,1 | 753,7 | 24,3 | 25,8 | 22,5 | 27,2 | 18,4 | 23,1 | incalc. | pioggia |
| 28 | 753,8 | 754,2 | 754,2 | 754,1 | 20,2 | 21,0 | 20,3 | 22,5 | 18,8 | 20,4 | incalc. | pioggia |
| 29 | 754,5 | 754,3 | 755,6 | 754,8 | 19,4 | 20,6 | 22,3 | 24,8 | 17,7 | 21,0 | 13,1 | pioggia |
| 30 | 757,3 | 756,2 | 756,2 | 756,6 | 22,6 | 28,1 | 25,0 | 28,3 | 19,1 | 23,8 | | |
| 31 | 756,8 | 756,1 | 755,9 | 756,3 | 21,7 | 27,8 | 25,6 | 28,6 | 21,3 | 24,3 | incalc. | pioggia |
| | 753,6 | 752,5 | 752,8 | 753,0 | 23,9 | 28,2 | 24,4 | 29,2 | 19,8 | 24,3 | 42,1 | |

Altezza barometrica massima 757,3 mm g. 30
» » minima 748,9 » 14
» » media 753,0

Temperatura massima 35,3° g. 11
» minima 16,2 » 16
» media 24,3

Nebbia nei giorni 21, 24, 26 29.

## Osservazioni meteorologiche
## fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**LUGLIO 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | | mm |
| 1 | 8,1 | 6,2 | 5,3 | 6,5 | 33 | 18 | 21 | 24 | 0 | 2 | 0 | W | W | SW | 14 | 7,2 |
| 2 | 10,9 | 11,9 | 9,7 | 10,8 | 50 | 37 | 38 | 42 | 0 | 0 | 2 | NW | NE | ESE | 8 | 8,6 |
| 3 | 12,6 | 10,7 | 18,4 | 13,9 | 55 | 33 | 75 | 54 | 0 | 0 | 0 | W | W | SE | 3 | 7,6 |
| 4 | 17,2 | 11,0 | 15,4 | 14,5 | 73 | 33 | 60 | 55 | 0 | 8 | 9 | ? | S | NW | 3 | 4,6 |
| 5 | 9,4 | 6,0 | 8,3 | 7,9 | 35 | 22 | 39 | 32 | 0 | 2 | 2 | SW | SW | SW | 31 | 7,9 |
| 6 | 13,1 | 7,1 | 6,2 | 8,8 | 53 | 22 | 24 | 33 | 0 | 3 | 2 | W | W | W | 10 | 8,5 |
| 7 | 6,0 | 8,7 | 11,0 | 8,6 | 26 | 28 | 45 | 33 | 3 | 6 | 8 | NW | W | W | 9 | 5,6 |
| 8 | 10,1 | 9,2 | 11,8 | 10,4 | 42 | 32 | 49 | 41 | 0 | 0 | 0 | W | W | SE | 12 | 5,6 |
| 9 | 11,9 | 10,4 | 11,8 | 11,4 | 50 | 30 | 48 | 43 | 0 | 0 | 0 | NW | N | SE | 5 | 7,0 |
| 10 | 14,5 | 13,7 | 12,2 | 13,5 | 59 | 38 | 41 | 46 | 0 | 0 | 0 | W | NW | ? | 3 | 5,2 |
| 11 | 12,2 | 8,9 | 7,0 | 9,4 | 39 | 21 | 23 | 28 | 0 | 5 | 0 | SW | NW | SW | 17 | 7,5 |
| 12 | 14,6 | 8,5 | 12,0 | 11,7 | 60 | 27 | 60 | 49 | 0 | 5 | 0 | NW | NW | NW | 10 | 7,9 |
| 13 | 13,3 | 12,2 | 12,0 | 12,5 | 60 | 43 | 63 | 55 | 0 | 5 | 0 | ? | E | S | 4 | 4,3 |
| 14 | 13,1 | 9,6 | 10,4 | 11,0 | 58 | 26 | 45 | 43 | 0 | 3 | 2 | ? | SW | SW | 11 | 4,4 |
| 15 | 12,2 | 11,3 | 11,0 | 11,5 | 58 | 42 | 54 | 51 | 0 | 8 | 3 | NW | W | SE | 10 | 7,3 |
| 16 | 11,0 | 8,4 | 6,3 | 8,6 | 66 | 33 | 31 | 43 | 0 | 2 | 4 | ? | ? | SE | 5 | 4,8 |
| 17 | 9,2 | 10,0 | 10,2 | 9,8 | 46 | 39 | 45 | 43 | 4 | 5 | 6 | ? | W | SE | 4 | 5,3 |
| 18 | 11,4 | 8,8 | 9,4 | 9,9 | 50 | 30 | 40 | 40 | 0 | 1 | 7 | E | N | SE | 6 | 5,2 |
| 19 | 12,0 | 9,6 | 10,5 | 10,7 | 52 | 33 | 42 | 42 | 5 | 8 | 7 | W | W | W | 4 | 6,7 |
| 20 | 12,6 | 12,5 | 13,9 | 13,0 | 61 | 46 | 66 | 58 | 4 | 6 | 3 | ? | ? | NW | 6 | 4,6 |
| 21 | 11,6 | 7,8 | 8,8 | 9,4 | 62 | 34 | 45 | 47 | 3 | 2 | 0 | N | NW | SE | 5 | 4,7 |
| 22 | 10,4 | 7,6 | 10,2 | 9,4 | 46 | 26 | 45 | 39 | 0 | 0 | 0 | ? | SW | SE | 6 | 4,9 |
| 23 | 10,6 | 10,6 | 11,7 | 11,0 | 46 | 34 | 50 | 43 | 0 | 2 | 3 | ? | N | E | 5 | 6,5 |
| 24 | 12,4 | 11,6 | 15,0 | 13,0 | 61 | 57 | 85 | 68 | 6 | 10 | 10 | ? | W | SW | 2 | 2,8 |
| 25 | 13,4 | 10,5 | 12,6 | 12,2 | 68 | 40 | 57 | 55 | 0 | 2 | 0 | ? | W | S | 2 | 3,1 |
| 26 | 12,0 | 13,3 | 14,9 | 13,4 | 54 | 48 | 74 | 59 | 2 | 5 | 0 | ? | W | SE | 8 | 3,7 |
| 27 | 14,8 | 12,2 | 12,8 | 13,3 | 65 | 49 | 63 | 59 | 0 | 10 | 10 | S | W | SE | 11 | 3,3 |
| 28 | 13,2 | 13,8 | 14,6 | 13,9 | 75 | 75 | 82 | 77 | 10 | 10 | 10 | ? | W | W | 3 | 3,4 |
| 29 | 13,3 | 14,7 | 13,8 | 13,9 | 79 | 82 | 69 | 77 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 4 | 3,7 |
| 30 | 12,2 | 9,5 | 12,8 | 11,5 | 60 | 33 | 54 | 49 | 0 | 4 | 7 | W | N | ? | 6 | 3,5 |
| 31 | 13,1 | 11,3 | 13,4 | 12,6 | 68 | 41 | 55 | 55 | 8 | 8 | 0 | S | W | ? | 2 | 3,6 |
| | 12,0 | 10,2 | 11,4 | 11,2 | 55 | 37 | 51 | 48 | 2 | 4 | 3 | | | | 7 | 5,5 |

Tens. del vapor acq. mass. 18,4 g. 3
» » » » min. 5,3 » 1
» » » » media 11,2

Umidità relativa mass. 85 g. 24
» » min. 18 » 1
» » media 48

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 3 | 12 | 5 | 10 | 28 | 12 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 3

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**AGOSTO 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass.min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 756,8 | 756,1 | 756,4 | 756,4 | 26,0 | 30,0 | 26,4 | 31,5 | 22,0 | 26,5 | | |
| 2 | 757,5 | 757,7 | 757,3 | 757,2 | 26,7 | 32,0 | 28,4 | 32,8 | 22,9 | 27,7 | | |
| 3 | 757,6 | 756,0 | 754,8 | 756,1 | 27,9 | 33,0 | 29,3 | 33,9 | 24,8 | 29,0 | | |
| 4 | 752,0 | 748,9 | 746,0 | 749,0 | 29,0 | 34,0 | 29,5 | 34,4 | 25,6 | 29,6 | | |
| 5 | 754,8 | 755,2 | 756,0 | 755,3 | 18,2 | 22,0 | 19,5 | 29,5 | 18,2 | 21,4 | 0,7 | pioggia |
| 6 | 756,4 | 755,4 | 756,2 | 756,1 | 19,5 | 23,7 | 21,0 | 24,4 | 14,2 | 19,8 | | |
| 7 | 756,0 | 754,6 | 754,6 | 755,1 | 23,4 | 26,6 | 22,6 | 27,8 | 17,4 | 22,8 | | |
| 8 | 756,0 | 756,1 | 757,6 | 756,6 | 23,8 | 27,4 | 22,9 | 28,2 | 18,1 | 23,2 | | |
| 9 | 761,5 | 759,8 | 761,5 | 760,9 | 22,4 | 26,6 | 21,4 | 27,0 | 17,5 | 22,1 | | |
| 10 | 761,1 | 758,6 | 758,8 | 759,5 | 23,8 | 27,8 | 22,7 | 27,9 | 17,5 | 23,0 | | |
| 11 | 757,5 | 755,5 | 755,3 | 756,1 | 19,8 | 24,6 | 21,7 | 25,5 | 18,6 | 21,4 | incalc. | pioggia |
| 12 | 754,4 | 753,7 | 753,9 | 754,0 | 22,2 | 26,6 | 25,8 | 27,5 | 19,3 | 23,7 | | |
| 13 | 754,3 | 752,0 | 751,6 | 752,6 | 23,9 | 30,8 | 27,0 | 31,1 | 19,2 | 25,3 | | |
| 14 | 751,2 | 750,4 | 750,6 | 750,7 | 26,0 | 30,8 | 26,7 | 31,2 | 23,0 | 26,7 | | |
| 15 | 752,2 | 752,2 | 753,0 | 752,5 | 25,5 | 29,2 | 26,3 | 30,3 | 21,2 | 25,8 | | |
| 16 | 755,6 | 754,4 | 754,2 | 754,7 | 25,6 | 30,4 | 26,0 | 31,2 | 22,6 | 26,3 | | |
| 17 | 752,9 | 748,9 | 747,2 | 749,7 | 25,6 | 33,2 | 29,0 | 33,5 | 21,6 | 27,4 | | |
| 18 | 745,0 | 743,0 | 744,5 | 744,2 | 23,8 | 27,4 | 20,9 | 29,0 | 19,6 | 23,3 | incalc. | pioggia |
| 19 | 745,9 | 745,7 | 745,8 | 745,9 | 20,0 | 23,6 | 22,6 | 24,1 | 17,0 | 20,9 | | |
| 20 | 749,2 | 749,3 | 751,6 | 750,0 | 20,9 | 25,3 | 21,2 | 26,0 | 17,6 | 21,4 | | |
| 21 | 751,7 | 749,6 | 749,8 | 750,4 | 20,0 | 26,6 | 23,8 | 27,1 | 16,0 | 21,7 | | |
| 22 | 751,2 | 751,2 | 752,3 | 751,6 | 17,5 | 19,0 | 16,7 | 23,8 | 16,3 | 18,6 | 3,9 | pioggia |
| 23 | 754,2 | 754,1 | 754,2 | 754,2 | 19,3 | 23,4 | 21,1 | 24,4 | 14,0 | 19,7 | | |
| 24 | 754,5 | 753,7 | 755,9 | 754,7 | 22,1 | 25,8 | 19,0 | 26,1 | 17,4 | 21,1 | | |
| 25 | 755,9 | 754,8 | 754,3 | 755,0 | 20,0 | 25,8 | 22,0 | 26,3 | 15,9 | 21,0 | | |
| 26 | 753,3 | 751,5 | 752,6 | 752,5 | 23,0 | 29,2 | 24,4 | 29,9 | 18,7 | 24,0 | | |
| 27 | 752,2 | 750,4 | 750,5 | 751,0 | 24,1 | 29,0 | 25,4 | 29,3 | 19,0 | 24,4 | | |
| 28 | 749,8 | 747,8 | 748,4 | 748,7 | 24,7 | 29,4 | 25,6 | 30,4 | 21,5 | 25,6 | | |
| 29 | 750,2 | 749,4 | 749,2 | 749,6 | 25,2 | 29,8 | 25,0 | 30,2 | 21,1 | 25,4 | | |
| 30 | 748,9 | 747,5 | 747,9 | 748,1 | 27,2 | 30,2 | 23,0 | 31,0 | 18,4 | 24,9 | incalc. | pioggia |
| 31 | 747,8 | 749,2 | 751,3 | 749,4 | 23,1 | 20,2 | 16,3 | 24,8 | 16,0 | 20,0 | 0,2 | pioggia |
| | 753,5 | 752,3 | 752,7 | 752,8 | 23,2 | 27,5 | 23,7 | 28,7 | 19,1 | 23,7 | 4,8 | |

Altezza barometrica massima 761,5 (mm) g. 9
» » minima 743,0 » 18
» » media 752,8

Temperatura massima 34,4 (°) g. 4
» minima 14,0 » 23
» media 23,7

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**AGOSTO 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | mm. |
| 1 | 13,0 | 11,2 | 14,2 | 12,8 | 52 | 36 | 55 | 48 | 0 | 3 | 0 | W | NW | E | 5 | 5,6 |
| 2 | 14,3 | 10,7 | 14,6 | 13,2 | 55 | 30 | 51 | 45 | 0 | 0 | 0 | ? | NW | SE | 5 | 4,4 |
| 3 | 13,6 | 13,2 | 16,6 | 14,5 | 49 | 35 | 55 | 46 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | SE | 4 | 6,4 |
| 4 | 13,9 | 10,2 | 11,6 | 11,9 | 47 | 26 | 38 | 37 | 0 | 0 | 0 | SW | SW | SW | 11 | 8,9 |
| 5 | 12,0 | 7,9 | 10,1 | 10,0 | 76 | 40 | 60 | 59 | 10 | 0 | 0 | SE | SW | ? | 24 | 7,7 |
| 6 | 9,1 | 7,4 | 9,6 | 8,7 | 54 | 34 | 56 | 48 | 0 | 3 | 0 | ? | NE | E | 2 | 4,4 |
| 7 | 9,0 | 7,7 | 11,6 | 9,4 | 42 | 30 | 57 | 43 | 0 | 0 | 0 | SW | SW | SE | 6 | 6,3 |
| 8 | 10,9 | 9,6 | 10,2 | 10,2 | 50 | 35 | 49 | 45 | 0 | 0 | 0 | E | SW | SE | 11 | 6,0 |
| 9 | 10,2 | 9,5 | 10,5 | 10,1 | 51 | 37 | 56 | 48 | 0 | 0 | 0 | W | SW | SE | 14 | 6,0 |
| 10 | 10,4 | 9,4 | 13,8 | 11,2 | 47 | 33 | 67 | 49 | 0 | 6 | 3 | ? | NW | NE | 6 | 5,6 |
| 11 | 12,7 | 11,6 | 13,9 | 12,7 | 74 | 51 | 72 | 66 | 10 | 5 | 5 | N | NW | SE | 3 | 4,0 |
| 12 | 12,5 | 10,7 | 11,9 | 11,7 | 63 | 41 | 48 | 51 | 0 | 3 | 0 | ? | NW | ? | 1 | 3,0 |
| 13 | 11,4 | 7,2 | 12,9 | 10,5 | 52 | 22 | 48 | 41 | 0 | 5 | 0 | SW | N | E | 5 | 5,1 |
| 14 | 9,2 | 11,8 | 12,9 | 11,3 | 37 | 36 | 50 | 41 | 3 | 5 | 0 | ? | ? | W | 10 | 6,3 |
| 15 | 15,0 | 13,4 | 11,1 | 13,2 | 62 | 45 | 43 | 50 | 0 | 5 | 0 | ? | W | S | 5 | 5,7 |
| 16 | 10,2 | 10,7 | 13,7 | 11,5 | 42 | 33 | 55 | 43 | 0 | 2 | 1 | W | W | S | 8 | 6,4 |
| 17 | 16,6 | 17,7 | 12,4 | 15,6 | 68 | 47 | 41 | 52 | 0 | 0 | 3 | ? | SW | SW | 9 | 5,8 |
| 18 | 13,4 | 7,2 | 11,4 | 10,7 | 61 | 26 | 62 | 50 | 3 | 8 | 3 | N | SW | S | 12 | 5,6 |
| 19 | 10,8 | 9,4 | 10,0 | 10,1 | 62 | 43 | 49 | 51 | 8 | 8 | 4 | ? | ? | ? | 1 | 5,0 |
| 20 | 10,2 | 9,0 | 10,8 | 10,0 | 56 | 38 | 58 | 51 | 0 | 3 | 0 | NW | NW | SE | 9 | 4,5 |
| 21 | 9,6 | 8,2 | 9,2 | 9,0 | 56 | 32 | 42 | 43 | 0 | 4 | 0 | W | W | ? | 2 | 6,0 |
| 22 | 12,6 | 11,7 | 10,1 | 11,6 | 87 | 72 | 72 | 77 | 10 | 8 | 0 | SE | ? | SE | 3 | 4,9 |
| 23 | 10,9 | 7,8 | 8,7 | 9,0 | 64 | 38 | 47 | 50 | 0 | 2 | 1 | ? | ? | S | 3 | 3,6 |
| 24 | 7,8 | 7,8 | 12,3 | 9,3 | 39 | 32 | 75 | 49 | 2 | 10 | 10 | ? | NW | N | 4 | 5,0 |
| 25 | 11,1 | 10,9 | 12,4 | 11,5 | 64 | 44 | 63 | 57 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | SE | 3 | 3,7 |
| 26 | 11,9 | 11,4 | 13,7 | 12,3 | 57 | 38 | 60 | 52 | 0 | 2 | 4 | ? | W | W | 6 | 4,5 |
| 27 | 13,9 | 11,9 | 14,5 | 13,4 | 62 | 40 | 61 | 54 | 0 | 4 | 0 | ? | ? | ? | 1 | 5,1 |
| 28 | 12,2 | 12,0 | 12,3 | 12,2 | 53 | 39 | 50 | 47 | 0 | 2 | 0 | NW | ? | SW | 10 | 5,3 |
| 29 | 13,9 | 14,5 | 15,2 | 14,5 | 58 | 46 | 64 | 56 | 0 | 2 | 0 | ? | SW | SE | 13 | 6,2 |
| 30 | 11,6 | 10,8 | 13,9 | 12,1 | 43 | 34 | 66 | 48 | 0 | 5 | 8 | SW | SW | SW | 18 | 5,1 |
| 31 | 10,4 | 11,3 | 10,8 | 10,8 | 49 | 66 | 78 | 64 | 0 | 10 | 8 | W | W | NW | 9 | 5,7 |
| | 11,8 | 10,4 | 12,2 | 11,5 | 56 | 39 | 56 | 50 | 1 | 3 | 2 | | | | 7 | 5,4 |

Tens. del vapor acq. mass. 17,7 g. 17
» » » » min. 7,2 » 13, 18
» » » » media 11,5

Umidità relativa mass. 87 g. 22
» » min. 22 » 13
» » media 56

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 2 | 4 | 12 | 4 | 17 | 12 | 10 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 2

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**SETTEMBRE 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 754, 7 | 754, 7 | 755, 9 | 755, 1 | 19, 5 | 23, 2 | 20, 3 | 24, 0 | 15, 9 | 19, 9 | | |
| 2 | 757, 8 | 756, 7 | 757, 1 | 757, 2 | 20, 6 | 24, 8 | 21, 0 | 25, 1 | 14, 7 | 20, 4 | | |
| 3 | 758, 0 | 756, 4 | 755, 8 | 756, 7 | 18, 1 | 25, 8 | 21, 9 | 26, 2 | 16, 1 | 20, 6 | | |
| 4 | 754, 2 | 752, 2 | 751, 1 | 752, 5 | 23, 1 | 27, 4 | 23, 4 | 28, 4 | 17, 0 | 23, 0 | | |
| 5 | 748, 1 | 745, 8 | 746, 3 | 746, 7 | 21, 4 | 22, 0 | 16, 1 | 23, 6 | 15, 8 | 19, 2 | 2, 5 | pioggia |
| 6 | 747, 2 | 748, 2 | 748, 4 | 747, 9 | 13, 6 | 14, 6 | 14, 2 | 16, 1 | 12, 9 | 14, 2 | 22, 1 | pioggia |
| 7 | 751, 6 | 752, 5 | 753, 7 | 752, 6 | 15, 0 | 18, 4 | 16, 4 | 18, 9 | 13, 9 | 16, 0 | 8, 8 | pioggia |
| 8 | 754, 0 | 754, 4 | 755, 3 | 754, 6 | 15, 2 | 19, 4 | 18, 2 | 20, 7 | 15, 0 | 17, 3 | 1, 9 | pioggia |
| 9 | 757, 1 | 757, 2 | 757, 6 | 757, 3 | 18, 0 | 20, 2 | 19, 8 | 21, 7 | 16, 9 | 19, 1 | 0, 6 | pioggia |
| 10 | 756, 5 | 754, 8 | 754, 2 | 755, 2 | 18, 5 | 22, 0 | 18, 9 | 22, 1 | 17, 1 | 19, 2 | | |
| 11 | 752, 3 | 750, 1 | 750, 0 | 750, 8 | 18, 6 | 23, 4 | 20, 4 | 23, 7 | 17, 2 | 20, 0 | | |
| 12 | 749, 6 | 751, 1 | 753, 3 | 751, 3 | 18, 0 | 16, 0 | 16, 2 | 20, 7 | 15, 7 | 17, 6 | 28, 6 | pioggia |
| 13 | 754, 9 | 753, 1 | 752, 3 | 753, 4 | 19, 1 | 22, 2 | 19, 4 | 22, 9 | 16, 0 | 19, 4 | 1, 1 | pioggia |
| 14 | 750, 6 | 748, 8 | 747, 8 | 749, 1 | 21, 6 | 24, 0 | 21, 5 | 24, 5 | 17, 7 | 21, 3 | | |
| 15 | 753, 0 | 753, 6 | 754, 2 | 753, 6 | 15, 9 | 16, 2 | 15, 9 | 21, 5 | 15, 5 | 17, 2 | 0, 5 | pioggia |
| 16 | 754, 6 | 754, 4 | 755, 7 | 754, 9 | 14, 3 | 18, 0 | 15, 9 | 19, 0 | 14, 1 | 15, 8 | | |
| 17 | 757, 3 | 756, 4 | 756, 7 | 756, 8 | 16, 8 | 20, 6 | 17, 3 | 21, 2 | 13, 4 | 17, 2 | | |
| 18 | 757, 3 | 755, 2 | 753, 5 | 755, 3 | 16, 4 | 21, 0 | 18, 3 | 21, 0 | 12, 0 | 16, 9 | | |
| 19 | 747, 7 | 745, 4 | 743, 0 | 745, 4 | 21, 4 | 20, 8 | 20, 1 | 22, 4 | 15, 9 | 20, 0 | | |
| 20 | 742, 3 | 742, 8 | 741, 8 | 742, 3 | 17, 6 | 17, 4 | 13, 0 | 20, 6 | 13, 0 | 16, 0 | 3, 8 | pioggia |
| 21 | 744, 2 | 745, 3 | 749, 1 | 746, 2 | 12, 8 | 15, 8 | 14, 5 | 16, 2 | 11, 1 | 13, 6 | 9, 1 | pioggia |
| 22 | 755, 0 | 757, 5 | 759, 3 | 757, 3 | 15, 9 | 18, 6 | 15, 4 | 19, 4 | 13, 2 | 16, 0 | incalc. | pioggia |
| 23 | 760, 5 | 759, 6 | 760, 2 | 760, 1 | 15, 2 | 18, 0 | 14, 0 | 18, 7 | 11, 0 | 14, 7 | | |
| 24 | 759, 9 | 759, 5 | 759, 6 | 759, 7 | 13, 4 | 17, 8 | 15, 5 | 18, 0 | 10, 3 | 14, 3 | | |
| 25 | 760, 0 | 759, 5 | 760, 9 | 760, 1 | 16, 0 | 19, 0 | 16, 8 | 19, 4 | 13, 7 | 16, 5 | | |
| 26 | 760, 9 | 760, 1 | 760, 0 | 760, 3 | 16, 2 | 20, 4 | 16, 8 | 20, 9 | 13, 9 | 17, 0 | | |
| 27 | 759, 0 | 757, 6 | 757, 7 | 758, 1 | 16, 0 | 20, 6 | 18, 3 | 20, 6 | 14, 5 | 17, 4 | | |
| 28 | 754, 6 | 752, 9 | 750, 0 | 752, 5 | 17, 1 | 18, 0 | 17, 9 | 19, 6 | 16, 7 | 17, 8 | 6, 8 | pioggia |
| 29 | 746, 0 | 744, 4 | 744, 4 | 744, 9 | 16, 0 | 18, 0 | 15, 9 | 18, 6 | 14, 8 | 16, 3 | 43, 8 | pioggia |
| 30 | 744, 2 | 744, 9 | 747, 6 | 745, 6 | 16, 2 | 20, 0 | 18, 0 | 20, 1 | 13, 8 | 17, 0 | 5, 1 | pioggia |
| | 753, 4 | 752, 8 | 753, 1 | 753, 1 | 17, 2 | 20, 1 | 17, 7 | 21, 2 | 14, 6 | 17, 7 | 134, 7 | |

Altezza barometrica massima 760, 9 mm g. 25, 26
» » minima 741, 8 » 20
» » media 753, 1

Temperatura massima 28, 4 ° g. 4
» minima 10, 3 » 24
» media 17, 7

Rugiada abbondante nei giorni 18, 24, 26, 27.
Nebbia nei giorni 27, 28.
Temporale nei giorni 12, 29.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**SETTEMBRE 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | | mm. |
| 1 | 8,6 | 8,0 | 9,5 | 8,7 | 51 | 38 | 53 | 47 | 3 | 5 | 0 | W | ? | ? | 2 | 3,4 |
| 2 | 9,9 | 7,9 | 9,2 | 9,0 | 55 | 34 | 50 | 46 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 1 | 3,7 |
| 3 | 10,2 | 8,7 | 9,9 | 9,6 | 68 | 35 | 51 | 51 | 0 | 0 | 0 | ? | W | SE | 2 | 3,2 |
| 4 | 10,1 | 9,0 | 9,0 | 9,4 | 48 | 33 | 42 | 41 | 0 | 8 | 3 | ? | SW | SW | 8 | 4,6 |
| 5 | 10,5 | 8,7 | 11,2 | 10,1 | 56 | 44 | 82 | 61 | 4 | 10 | 10 | ? | S | ? | 11 | 4,8 |
| 6 | 10,8 | 11,0 | 11,5 | 11,1 | 93 | 89 | 95 | 92 | 10 | 10 | 10 | W | W | N | 2 | 3,0 |
| 7 | 12,3 | 10,4 | 11,8 | 11,5 | 97 | 66 | 85 | 83 | 10 | 8 | 10 | E | ? | ? | 2 | 1,6 |
| 8 | 11,6 | 10,6 | 12,2 | 11,5 | 90 | 63 | 78 | 77 | 10 | 5 | 3 | W | ? | ? | 2 | 3,6 |
| 9 | 11,0 | 12,5 | 13,0 | 12,2 | 72 | 71 | 76 | 73 | 7 | 2 | 3 | W | ? | ? | 1 | 3,1 |
| 10 | 12,6 | 12,0 | 13,9 | 12,8 | 80 | 61 | 85 | 75 | 5 | 6 | 9 | ? | ? | ? | 0 | 2,2 |
| 11 | 12,2 | 10,8 | 12,3 | 11,8 | 77 | 51 | 69 | 66 | 3 | 2 | 1 | ? | ? | ? | 0 | 5,0 |
| 12 | 12,6 | 13,4 | 12,8 | 12,9 | 82 | 99 | 94 | 92 | 8 | 10 | 10 | ? | W | ? | 7 | 2,3 |
| 13 | 11,2 | 11,6 | 10,4 | 11,7 | 68 | 58 | 74 | 67 | 0 | 2 | 0 | W | ? | ? | 1 | 2,0 |
| 14 | 11,3 | 11,7 | 12,7 | 11,9 | 59 | 53 | 67 | 60 | 0 | 2 | 3 | ? | ? | ? | 2 | 2,7 |
| 15 | 10,1 | 10,6 | 10,6 | 10,4 | 75 | 77 | 79 | 77 | 10 | 10 | 9 | E | N | ? | 4 | 3,0 |
| 16 | 9,5 | 9,5 | 11,2 | 10,1 | 78 | 62 | 83 | 74 | 10 | 5 | 5 | ? | ? | ? | 0 | 2,2 |
| 17 | 9,7 | 9,9 | 11,3 | 10,3 | 66 | 55 | 77 | 66 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 2,1 |
| 18 | 10,4 | 9,9 | 7,8 | 9,4 | 75 | 54 | 63 | 64 | 0 | 8 | 5 | ? | ? | ? | 0 | 2,3 |
| 19 | 10,1 | 8,1 | 7,8 | 8,7 | 53 | 44 | 44 | 47 | 3 | 10 | 4 | SW | SW | SW | 14 | 3,8 |
| 20 | 8,4 | 9,0 | 10,9 | 9,4 | 56 | 61 | 98 | 72 | 7 | 10 | 10 | ? | W | ? | 6 | 4,0 |
| 21 | 9,8 | 8,4 | 10,0 | 9,4 | 84 | 63 | 81 | 76 | 8 | 6 | 10 | ? | W | ? | 1 | 1,5 |
| 22 | 9,0 | 7,5 | 11,1 | 9,2 | 67 | 47 | 72 | 62 | 0 | 3 | 0 | ? | W | ? | 1 | 2,7 |
| 23 | 8,3 | 7,9 | 9,2 | 8,5 | 64 | 51 | 78 | 64 | 0 | 3 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 2,0 |
| 24 | 8,8 | 8,0 | 11,3 | 9,4 | 77 | 53 | 86 | 72 | 0 | 6 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 2,0 |
| 25 | 9,6 | 10,0 | 11,2 | 10,3 | 71 | 61 | 78 | 70 | 0 | 10 | 6 | ? | ? | ? | 0 | 1,7 |
| 26 | 10,4 | 9,7 | 12,6 | 10,9 | 77 | 54 | 89 | 73 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,4 |
| 27 | 11,8 | 11,9 | 13,2 | 12,3 | 87 | 66 | 84 | 79 | 6 | 5 | 9 | ? | W | ? | 1 | 1,8 |
| 28 | 13,6 | 14,4 | 14,6 | 14,2 | 94 | 94 | 96 | 95 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | N | 2 | 1,0 |
| 29 | 12,7 | 9,2 | 11,3 | 11,1 | 94 | 60 | 84 | 79 | 10 | 8 | 4 | ? | W | W | 11 | 1,3 |
| 30 | 11,6 | 11,7 | 9,9 | 11,1 | 84 | 67 | 64 | 72 | 4 | 5 | 6 | ? | ? | ? | 0 | 2,1 |
| | 10,6 | 10,1 | 11,2 | 10,6 | 73 | 59 | 75 | 69 | 4 | 6 | 5 | | | | 3 | 2,7 |

Tens. del vapor acq. mass. $^{mm}$14,6 g. 28
» » » » min. 7,5 » 22
» » » » media 10,16

Umidità relativa mass. 99 g. 12
» » min. 33 » 4
» » media 69

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 14 | 0 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**OTTOBRE 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass.min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 752, 2 | 753, 8 | 756, 3 | 754, 1 | 16, 0 | 16, 8 | 14, 2 | 18, 0 | 13, 8 | 15, 5 | incalc | pioggia |
| 2 | 758, 0 | 757, 0 | 756, 6 | 757, 2 | 14, 8 | 17, 2 | 13, 7 | 17, 5 | 11, 9 | 14, 5 | | |
| 3 | 756, 6 | 756, 4 | 758, 2 | 757, 1 | 13, 8 | 18, 0 | 16, 3 | 18, 4 | 11, 9 | 15, 1 | | |
| 4 | 760, 5 | 760, 6 | 760, 8 | 760, 6 | 14, 7 | 18, 6 | 16, 8 | 18, 9 | 13, 7 | 16, 0 | | |
| 5 | 759, 6 | 757, 8 | 758, 6 | 758, 7 | 15, 2 | 19, 4 | 17, 7 | 19, 8 | 14, 8 | 16, 9 | | |
| 6 | 760, 8 | 761, 1 | 761, 1 | 761, 1 | 15, 9 | 20, 2 | 17, 4 | 20, 3 | 14, 0 | 16, 9 | | |
| 7 | 760, 8 | 758, 6 | 758, 1 | 759, 2 | 17, 0 | 21, 8 | 17, 8 | 21, 8 | 14, 3 | 17, 7 | | |
| 8 | 756, 3 | 756, 3 | 758, 0 | 756, 9 | 19, 0 | 22, 7 | 19, 0 | 22, 9 | 16, 8 | 19, 4 | | |
| 9 | 761, 0 | 760, 7 | 761, 5 | 761, 1 | 16, 2 | 22, 0 | 18, 0 | 22, 1 | 13, 4 | 17, 4 | | |
| 10 | 763, 0 | 762, 4 | 763, 1 | 762, 8 | 16, 7 | 20, 8 | 17, 0 | 21, 0 | 14, 2 | 17, 2 | | |
| 11 | 764, 4 | 762, 7 | 762, 7 | 763, 3 | 15, 1 | 20, 0 | 16, 6 | 20, 5 | 12, 8 | 16, 2 | | |
| 12 | 763, 5 | 762, 7 | 763, 0 | 763, 1 | 16, 2 | 21, 0 | 16, 9 | 21, 3 | 13, 5 | 17, 0 | | |
| 13 | 763, 9 | 762, 7 | 762, 9 | 763, 2 | 16, 1 | 20, 4 | 16, 3 | 20, 6 | 14, 0 | 16, 8 | | |
| 14 | 762, 9 | 760, 7 | 760, 5 | 761, 4 | 15, 4 | 19, 4 | 16, 3 | 19, 7 | 13, 1 | 16, 2 | | |
| 15 | 757, 5 | 754, 7 | 753, 4 | 755, 2 | 14, 7 | 19, 2 | 14, 9 | 19, 3 | 13, 7 | 15, 6 | | |
| 16 | 749, 7 | 747, 9 | 751, 0 | 749, 5 | 18, 0 | 16, 8 | 12, 3 | 20, 4 | 12, 3 | 15, 8 | 3, 4 | pioggia |
| 17 | 756, 1 | 757, 6 | 759, 6 | 757, 8 | 11, 7 | 15, 0 | 10, 8 | 15, 3 | 9, 7 | 11, 9 | | |
| 18 | 759, 5 | 758, 1 | 756, 7 | 758, 1 | 9, 8 | 12, 6 | 11, 7 | 12, 6 | 6, 2 | 10, 1 | | |
| 19 | 753, 4 | 751, 5 | 750, 5 | 751, 8 | 10, 8 | 14, 1 | 12, 1 | 14, 2 | 9, 3 | 11, 6 | | |
| 20 | 747, 7 | 745, 8 | 743, 3 | 745, 6 | 10, 2 | 10, 2 | 7, 4 | 12, 1 | 7, 4 | 9, 3 | 23, 4 | pioggia |
| 21 | 744, 4 | 745, 4 | 749, 7 | 746, 5 | 6, 3 | 6, 0 | 6, 8 | 8, 4 | 4, 7 | 6, 6 | 29, 0 | pioggia |
| 22 | 755, 5 | 757, 2 | 759, 4 | 757, 4 | 10, 1 | 13, 0 | 11, 0 | 13, 6 | 6, 6 | 10, 3 | | |
| 23 | 761, 8 | 760, 6 | 758, 5 | 760, 3 | 8, 9 | 11, 2 | 11, 6 | 11, 6 | 8, 6 | 10, 2 | | |
| 24 | 754, 5 | 753, 5 | 753, 8 | 753, 9 | 10, 7 | 9, 6 | 9, 6 | 11, 6 | 9, 6 | 10, 4 | 12, 2 | pioggia |
| 25 | 752, 2 | 751, 5 | 750, 7 | 751, 5 | 9, 5 | 12, 8 | 12, 1 | 13, 8 | 9, 2 | 11, 2 | 21, 5 | pioggia |
| 26 | 748, 6 | 750, 4 | 752, 3 | 750, 4 | 16, 2 | 17, 2 | 13, 4 | 18, 4 | 12, 0 | 15, 0 | | |
| 27 | 755, 9 | 756, 3 | 756, 5 | 756, 2 | 12, 5 | 14, 2 | 13, 3 | 14, 7 | 10, 3 | 12, 7 | | |
| 28 | 756, 1 | 754, 6 | 744, 1 | 754, 9 | 11, 0 | 14, 4 | 13, 0 | 14, 8 | 10, 4 | 12, 3 | incalc. | pioggia |
| 29 | 754, 5 | 753, 4 | 752, 8 | 753, 6 | 10, 3 | 12, 6 | 11, 1 | 13, 0 | 10, 0 | 11, 1 | 4, 6 | pioggia |
| 30 | 753, 1 | 755, 0 | 758, 3 | 755, 5 | 10, 7 | 14, 2 | 11, 8 | 14, 2 | 10, 3 | 11, 8 | 2, 1 | pioggia |
| 31 | 761, 8 | 761, 8 | 762, 3 | 762, 0 | 12, 3 | 15, 2 | 12, 2 | 15, 3 | 9, 6 | 12, 4 | | |
| | 757, 0 | 756, 4 | 756, 9 | 756, 8 | 13, 4 | 16, 3 | 13, 8 | 17, 0 | 11, 4 | 13, 9 | 96, 2 | |

Altezza barometrica massima 763, 9 g. 13
» » minima 743, 3 » 20
» » media 756, 8

Temperatura massima 22°, 9 g. 8
» minima 4, 7 » 21
» media 13, 9

Nebbia nei giorni 5, 6, 11, 19, 20, 21, 23, 30.
Rugiada abbondante nei giorni 10, 13, 23, 31.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**OTTOBRE 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilometri all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mm. |
| 1 | 10,7 | 10,4 | 10,2 | 10,4 | 79 | 73 | 84 | 79 | 10 | 3 | 7 | ? | SE | SE | 3 | 1,9 |
| 2 | 7,7 | 8,6 | 9,8 | 8,7 | 62 | 59 | 85 | 69 | 3 | 2 | 8 | SE | W | ? | 1 | 2,8 |
| 3 | 9,1 | 10,3 | 11,9 | 10,4 | 78 | 67 | 87 | 87 | 9 | 0 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 1,9 |
| 4 | 12,0 | 11,1 | 12,2 | 11,8 | 97 | 69 | 86 | 84 | 8 | 5 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 1,3 |
| 5 | 11,7 | 13,0 | 12,9 | 12,5 | 91 | 77 | 86 | 85 | 10 | 10 | 8 | ? | ? | ? | 0 | 1,4 |
| 6 | 11,3 | 12,5 | 12,7 | 12,2 | 84 | 71 | 86 | 80 | 10 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,0 |
| 7 | 11,5 | 12,4 | 12,1 | 12,0 | 80 | 64 | 75 | 73 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 2 | 1,2 |
| 8 | 11,3 | 11,6 | 12,2 | 11,7 | 69 | 56 | 74 | 66 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | W | 0 | 1,1 |
| 9 | 10,6 | 10,2 | 11,4 | 10,7 | 77 | 52 | 75 | 68 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 2 | 2,4 |
| 10 | 10,0 | 13,0 | 10,5 | 11,2 | 71 | 71 | 73 | 72 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 2,0 |
| 11 | 10,2 | 10,8 | 11,7 | 10,9 | 79 | 66 | 83 | 76 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,4 |
| 12 | 9,1 | 9,6 | 11,8 | 10,2 | 66 | 52 | 83 | 67 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 2,0 |
| 13 | 10,4 | 11,2 | 11,6 | 11,1 | 76 | 64 | 84 | 75 | 0 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 2,0 |
| 14 | 10,8 | 11,2 | 11,6 | 11,2 | 83 | 67 | 81 | 77 | 10 | 0 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,3 |
| 15 | 10,7 | 10,3 | 11,0 | 10,7 | 86 | 63 | 87 | 79 | 4 | 5 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,5 |
| 16 | 9,2 | 10,5 | 7,5 | 9,1 | 60 | 73 | 71 | 68 | 3 | 10 | 10 | S | SW | W | 12 | 2,4 |
| 17 | 6,5 | 5,2 | 7,5 | 6,4 | 63 | 41 | 77 | 60 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 1 | 2,3 |
| 18 | 6,4 | 6,6 | 8,0 | 7,0 | 70 | 61 | 78 | 70 | 6 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 1,4 |
| 19 | 7,8 | 7,4 | 8,6 | 7,9 | 81 | 60 | 82 | 74 | 10 | 10 | 9 | ? | ? | ? | 0 | 1,2 |
| 20 | 9,4 | 8,3 | 7,7 | 8,5 | 91 | 90 | 100 | 94 | 10 | 10 | 10 | ? | N | N | 4 | 0,4 |
| 21 | 6,7 | 5,9 | 6,7 | 6,4 | 94 | 85 | 91 | 90 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 13 | 1,0 |
| 22 | 7,1 | 7,4 | 7,8 | 7,4 | 76 | 66 | 80 | 74 | 0 | 7 | 9 | ? | ? | ? | 0 | 1,1 |
| 23 | 7,7 | 8,4 | 9,2 | 8,4 | 90 | 85 | 90 | 88 | 6 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,8 |
| 24 | 8,5 | 8,4 | 8,7 | 8,5 | 99 | 95 | 97 | 97 | 10 | 10 | 10 | N | W | W | 1 | 0,5 |
| 25 | 8,9 | 10,2 | 10,1 | 9,7 | 100 | 93 | 96 | 96 | 10 | 10 | 10 | SE | ? | S | 1 | 0,6 |
| 26 | 5,9 | 6,0 | 6,9 | 6,3 | 43 | 41 | 60 | 48 | 0 | 5 | 0 | SW | SW | SW | 13 | 2,3 |
| 27 | 6,7 | 8,1 | 7,0 | 7,3 | 62 | 67 | 62 | 64 | 1 | 2 | 10 | ? | ? | ? | 3 | 2,1 |
| 28 | 8,3 | 10,3 | 8,6 | 9,1 | 85 | 84 | 86 | 85 | 8 | 8 | 10 | ? | ? | W | 4 | 1,1 |
| 29 | 8,5 | 8,8 | 9,2 | 8,8 | 91 | 81 | 94 | 89 | 10 | 8 | 10 | W | ? | ? | 1 | 0,7 |
| 30 | 9,1 | 7,9 | 8,1 | 8,4 | 95 | 65 | 78 | 79 | 10 | 0 | 0 | W | W | ? | 1 | 1,0 |
| 31 | 7,5 | 7,8 | 7,8 | 7,7 | 71 | 60 | 74 | 68 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,1 |
| | 9,1 | 9,5 | 9,8 | 9,4 | 79 | 68 | 82 | 77 | 5 | 5 | 5 | | | | 2 | 1,5 |

Tens. del vapor acq. mass. 13,0 (mm) g. 5, 10.
» » » » min. 5,2 » 17,
» » » » media 9,4

Umidità relativa mass. 100 g. 20, 25.
» » min. 41 » 17, 26.
» » media 77

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 4 | 2 | 4 | 12 | 0 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 5

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**NOVEMBRE 1916 — Tempo medio dell' Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 763, 1 | 762, 4 | 762, 5 | 762, 7 | 11, 6 | 15, 0 | 12, 4 | 15, 0 | 9, 7 | 12, 2 | | |
| 2 | 761, 3 | 760, 4 | 759, 8 | 760, 5 | 11, 4 | 11, 8 | 11, 2 | 12, 6 | 9, 4 | 11, 1 | | |
| 3 | 758, 4 | 756, 9 | 757, 4 | 757, 4 | 10, 4 | 14, 0 | 10, 3 | 14, 0 | 9, 6 | 11, 1 | | |
| 4 | 756, 7 | 755, 0 | 753, 9 | 755, 2 | 10, 2 | 12, 0 | 12, 0 | 12, 3 | 9, 4 | 11, 0 | incalc. | pioggia |
| 5 | 748, 4 | 745, 9 | 745, 5 | 746, 6 | 16, 5 | 19, 0 | 17, 6 | 19, 2 | 11, 9 | 16, 3 | incalc. | pioggia |
| 6 | 747, 4 | 748, 2 | 750, 1 | 748, 6 | 14, 1 | 16, 4 | 12, 8 | 17, 6 | 12, 8 | 14, 3 | incalc. | pioggia |
| 7 | 753, 3 | 752, 9 | 752, 6 | 752, 9 | 11, 7 | 15, 0 | 12, 4 | 15, 1 | 9, 8 | 12, 2 | | |
| 8 | 749, 3 | 746, 2 | 743, 1 | 746, 2 | 12, 1 | 13, 0 | 12, 7 | 14, 4 | 9, 8 | 12, 2 | incalc. | pioggia |
| 9 | 743, 2 | 743, 8 | 744, 7 | 743, 9 | 9, 6 | 9, 4 | 9, 2 | 12, 7 | 9, 2 | 10, 2 | 24, 1 | pioggia |
| 10 | 751, 0 | 755, 3 | 759, 0 | 755, 1 | 12, 3 | 13, 6 | 13, 7 | 14, 4 | 9, 0 | 12, 4 | 59, 1 | pioggia |
| 11 | 761, 9 | 760, 7 | 760, 7 | 761, 1 | 12, 3 | 15, 0 | 13, 1 | 15, 2 | 12, 1 | 13, 2 | 0, 5 | pioggia |
| 12 | 760, 0 | 758, 7 | 758, 4 | 759, 0 | 11, 8 | 13, 7 | 11, 7 | 13, 8 | 10, 8 | 12, 0 | | |
| 13 | 756, 6 | 755, 5 | 755, 8 | 756, 0 | 11, 2 | 14, 8 | 11, 8 | 14, 9 | 10, 8 | 12, 2 | | |
| 14 | 752, 6 | 752, 0 | 753, 7 | 752, 8 | 9, 2 | 11, 4 | 9, 8 | 12, 4 | 8, 1 | 9, 9 | incalc. | pioggia |
| 15 | 754, 0 | 754, 5 | 754, 7 | 754, 4 | 8, 4 | 9, 8 | 6, 4 | 10, 6 | 6, 1 | 7, 9 | | |
| 16 | 754, 9 | 755, 3 | 755 1 | 755, 1 | 4, 6 | 6, 2 | 3, 6 | 6, 8 | 3, 6 | 4, 6 | | |
| 17 | 754, 4 | 752, 0 | 750, 6 | 752, 3 | 3, 0 | 4, 4 | 2, 0 | 4, 8 | 1, 1 | 2, 7 | 0, 1 | pioggia |
| 18 | 743, 2 | 738, 4 | 730, 6 | 737, 4 | 1, 3 | 1, 0 | 0, 7 | 2, 0 | 0, 3 | 1, 1 | 11, 4 | pioggia |
| 19 | 732, 9 | 736, 9 | 739, 9 | 736, 6 | 3, 6 | 7, 3 | 10, 1 | 11, 3 | 0, 2 | 6, 3 | 4, 9 | pioggia |
| 20 | 746, 7 | 744, 0 | 739, 1 | 743, 3 | 4, 3 | 5, 2 | 5, 6 | 10, 6 | 3, 7 | 6, 0 | 14, 9 | pioggia |
| 21 | 738, 9 | 740, 9 | 743, 5 | 741, 1 | 5, 9 | 11, 0 | 7, 7 | 11, 4 | 5, 3 | 7, 6 | 11, 5 | pioggia |
| 22 | 747, 9 | 749, 1 | 754, 2 | 750, 4 | 9, 0 | 11, 0 | 7, 9 | 10, 6 | 7, 1 | 8, 6 | 2, 0 | pioggia |
| 23 | 758, 9 | 759, 9 | 762, 4 | 760, 4 | 6, 8 | 10, 2 | 8, 4 | 10, 6 | 6, 3 | 8, 0 | incalc. | pioggia |
| 24 | 766, 0 | 765, 0 | 766, 0 | 765, 7 | 6, 0 | 9, 2 | 8, 1 | 9, 3 | 5, 0 | 7, 1 | | |
| 25 | 763, 1 | 759, 9 | 756, 7 | 759, 9 | 8, 2 | 9, 8 | 9, 6 | 10, 0 | 8, 0 | 9, 0 | | |
| 26 | 750, 3 | 747, 6 | 746, 0 | 748, 0 | 7, 5 | 9, 2 | 9, 1 | 9, 8 | 7, 1 | 8, 4 | 0, 1 | pioggia |
| 27 | 747, 3 | 751, 0 | 755, 4 | 751, 2 | 7, 3 | 10, 0 | 8, 5 | 10, 3 | 6, 8 | 8, 2 | | |
| 28 | 759, 8 | 761, 0 | 764, 3 | 761, 7 | 6, 7 | 6, 4 | 6, 6 | 8, 5 | 6, 4 | 7, 0 | 5, 8 | pioggia |
| 29 | 765, 6 | 764, 8 | 764, 3 | 764, 9 | 7, 6 | 9, 2 | 7, 3 | 9, 3 | 6, 4 | 7, 6 | 0, 3 | pioggia |
| 30 | 763, 6 | 762, 6 | 762, 4 | 762, 9 | 6, 4 | 8, 2 | 6, 8 | 8, 2 | 5, 1 | 6, 6 | | |
| | 753, 7 | 753, 2 | 753, 4 | 753, 4 | 8, 7 | 10, 7 | 9, 3 | 11, 6 | 7, 4 | 9, 2 | 134, 7 | |

Altezza barometrica massima 766,0 (mm.) g. 24
» » minima 730, 6 » 18
» » media 753, 4

Temperatura massima 19,2 (°) g. 5
» minima 0, 2 » 19
» media 9, 2

Nebbia nei giorni 2, 3, 4, 5, 20, 21, 25, 28.
Rugiada abbondante nei giorni 1, 2, 26, 30.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83$^{m}$,8)

**NOVEMBRE 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | Media | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | 9$^{h}$ | 15$^{h}$ | 21$^{h}$ | | mm |
| 1 | 8,0 | 8,4 | 7,8 | 8,1 | 78 | 67 | 73 | 73 | 0 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 1 | 1,0 |
| 2 | 7,1 | 9,1 | 9,2 | 8,5 | 71 | 88 | 94 | 84 | 0 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0.7 |
| 3 | 8,9 | 9,8 | 9,0 | 9,2 | 95 | 82 | 96 | 91 | 7 | 0 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,6 |
| 4 | 9,0 | 9,4 | 10,1 | 9,5 | 97 | 90 | 96 | 94 | 10 | 10 | 10 | ? | W | ? | 2 | 0,8 |
| 5 | 10,4 | 8,6 | 12,1 | 10,4 | 74 | 53 | 81 | 69 | 8 | 7 | 8 | SE | SE | SE | 16 | 1,1 |
| 6 | 8,0 | 7,5 | 8,1 | 7,9 | 67 | 54 | 73 | 65 | 9 | 2 | 0 | SW | ? | W | 9 | 1,2 |
| 7 | 7,2 | 7,6 | 7,8 | 7,5 | 70 | 60 | 73 | 68 | 0 | 0 | 0 | W | W | ? | 1 | 2,0 |
| 8 | 7,6 | 8,6 | 9,5 | 8,6 | 73 | 77 | 87 | 79 | 6 | 10 | 10 | ? | W | SE | 5 | 1,5 |
| 9 | 8,2 | 8,1 | 8,3 | 8,2 | 92 | 92 | 96 | 93 | 10 | 10 | 10 | NW | NW | ? | 4 | 0,1 |
| 10 | 10,7 | 11,3 | 10,7 | 10,9 | 100 | 98 | 92 | 97 | 10 | 10 | 10 | NE | NE | ? | 6 | 0,2 |
| 11 | 9,5 | 10,0 | 8,5 | 9,3 | 89 | 78 | 76 | 81 | 8 | 2 | 0 | ? | W | W | 1 | 1,1 |
| 12 | 8,8 | 8,9 | 8,9 | 8,9 | 85 | 76 | 86 | 82 | 7 | 0 | 4 | W | ? | ? | 1 | 1,6 |
| 13 | 8,6 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 86 | 70 | 85 | 80 | 4 | 2 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 0,7 |
| 14 | 7,3 | 9,1 | 8,6 | 8,3 | 84 | 90 | 95 | 90 | 0 | 10 | 6 | ? | ? | N | 0 | 1,1 |
| 15 | 6,0 | 4,5 | 5,5 | 5,3 | 73 | 50 | 76 | 66 | 5 | 3 | 0 | S | NW | NW | 10 | 1,7 |
| 16 | 5,2 | 3,0 | 4,4 | 4,2 | 82 | 42 | 73 | 66 | 7 | 8 | 0 | ? | NW | ? | 1 | 2,8 |
| 17 | 4,0 | 4,6 | 4,9 | 4,5 | 70 | 74 | 93 | 79 | 10 | 10 | 10 | SW | ? | ? | 0 | 1,0 |
| 18 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 92 | 96 | 98 | 95 | 10 | 10 | 10 | ? | NW | ? | 0 | 0,2 |
| 19 | 4,7 | 5,8 | 7,3 | 5,9 | 80 | 76 | 79 | 78 | 3 | 6 | 3 | W | SE | SW | 7 | 0,3 |
| 20 | 5,8 | 6,2 | 6,6 | 6,2 | 93 | 94 | 97 | 95 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 5 | 0,8 |
| 21 | 6,6 | 6,4 | 7,1 | 6,7 | 93 | 65 | 90 | 83 | 10 | 8 | 10 | ? | W | W | 4 | 1,0 |
| 22 | 6,2 | 7,0 | 7,2 | 6,8 | 72 | 76 | 90 | 79 | 2 | 5 | 6 | ? | ? | ? | 2 | 0,6 |
| 23 | 5,9 | 6,0 | 5,6 | 5,8 | 78 | 65 | 68 | 70 | 10 | 8 | 2 | NW | W | ? | 1 | 1,0 |
| 24 | 4,5 | 6,0 | 5,5 | 5,3 | 64 | 69 | 68 | 67 | 10 | 8 | 10 | W | ? | W | 3 | 1,4 |
| 25 | 5,9 | 6,7 | 6,4 | 6,3 | 72 | 74 | 71 | 72 | 7 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 1 | 1,4 |
| 26 | 5,5 | 7,6 | 7,9 | 7,0 | 70 | 88 | 92 | 83 | 0 | 10 | 10 | ? | ? | S | 1 | 0,8 |
| 27 | 6,6 | 7,0 | 6,8 | 6,8 | 85 | 76 | 81 | 81 | 3 | 8 | 10 | W | ? | W | 1 | 0,5 |
| 28 | 6,8 | 6,6 | 7,0 | 6,8 | 93 | 91 | 95 | 93 | 10 | 10 | 10 | W | W | W | 2 | 1,0 |
| 29 | 6,9 | 7,1 | 6,9 | 7,0 | 89 | 81 | 90 | 87 | 10 | 8 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 0,5 |
| 30 | 6,2 | 7,0 | 6,5 | 6,6 | 86 | 86 | 88 | 87 | 0 | 6 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 1,0 |
| | 7,0 | 7,4 | 7,6 | 7,3 | 82 | 76 | 85 | 81 | 6 | 7 | 6 | | | | 3 | 1,0 |

Tens. del vapor acq. mass. $12,1^{mm}$ g. 5
» » » » min. 3,0 » 16
» » » » media 7,3

Umidità relativa mass. 100 g. 10
» » min. 42 » 16
» » media 81

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 0 | 5 | 2 | 3 | 22 | 7 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 6

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell'Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**DICEMBRE 1916 — Tempo medio dell'Europa centrale**

| Giorni del mese | Barometro ridotto a 0° C. 9h | 15h | 21h | Media | Temperatura centigrada 9h | 15h | 21h | Mass. | Min. | Media mass. min. 9h, 21h | Precipitazione pioggia, neve e grandine fuse | Forma delle precipitazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | mm. | mm. | mm. | o | o | o | o | o | o | mm. | |
| 1 | 759,7 | 758,5 | 757,5 | 758,6 | 4,9 | 5,8 | 6,1 | 6,8 | 3,7 | 5,4 | 3,1 | pioggia |
| 2 | 756,8 | 756,5 | 756,6 | 756,6 | 6,8 | 8,0 | 7,5 | 8,0 | 6,1 | 7,1 | 1,0 | pioggia |
| 3 | 756,1 | 755,4 | 755,6 | 755,7 | 7,8 | 9,0 | 8,6 | 9,0 | 7,3 | 8,2 | 0,3 | pioggia |
| 4 | 754,0 | 751,6 | 749,7 | 751,8 | 6,8 | 7,0 | 6,8 | 8,6 | 6,2 | 7,1 | | |
| 5 | 745,2 | 742,9 | 743,8 | 744,0 | 6,8 | 8,8 | 8,3 | 9,6 | 6,6 | 7,8 | 1,8 | pioggia |
| 6 | 748,2 | 749,9 | 751,1 | 749,7 | 6,0 | 8,4 | 6,4 | 8,7 | 5,0 | 6,5 | incalc. | pioggia |
| 7 | 748,3 | 747,9 | 749,8 | 748,7 | 5,8 | 6,4 | 6,0 | 6,7 | 5,4 | 6,0 | 1,3 | pioggia |
| 8 | 750,4 | 748,0 | 746,3 | 748,2 | 5,4 | 6,4 | 6,1 | 6,8 | 5,1 | 5,8 | | |
| 9 | 745,4 | 745,5 | 746,1 | 745,7 | 5,1 | 6,6 | 5,4 | 7,0 | 4,0 | 5,4 | | |
| 10 | 745,3 | 741,7 | 742,1 | 743,0 | 3,6 | 7,8 | 6,1 | 8,3 | 3,0 | 5,2 | 1,5 | pioggia |
| 11 | 739,2 | 740,3 | 740,3 | 739,9 | 7,0 | 8,2 | 5,7 | 10,0 | 4,7 | 6,8 | 12,6 | pioggia |
| 12 | 743,2 | 743,3 | 742,2 | 742,9 | 5,0 | 9,4 | 9,4 | 9,7 | 4,3 | 7,1 | 3,7 | pioggia |
| 13 | 740,9 | 735,9 | 739,8 | 738,9 | 12,3 | 14,4 | 10,6 | 15,0 | 9,4 | 11,8 | 11,2 | pioggia |
| 14 | 743,6 | 744,0 | 745,5 | 744,4 | 8,6 | 10,0 | 6,7 | 11,0 | 6,7 | 8,2 | | |
| 15 | 742,9 | 741,2 | 743,2 | 742,4 | 6,4 | 9,4 | 6,0 | 10,2 | 5,6 | 7,0 | 2,3 | pioggia |
| 16 | 750,3 | 751,8 | 752,9 | 751,7 | 1,8 | 5,0 | 3,2 | 6,0 | 1,4 | 3,1 | | |
| 17 | 750,8 | 747,5 | 745,2 | 747,8 | 2,0 | 2,8 | 1,1 | 3,6 | 0,7 | 1,8 | 5,0 | pioggia |
| 18 | 742,7 | 742,3 | 741,4 | 742,1 | 1,8 | 2,6 | 2,6 | 3,2 | 0,8 | 2,1 | 0,2 | pioggia |
| 19 | 737,2 | 737,1 | 740,8 | 738,4 | 2,5 | 5,4 | 4,0 | 5,7 | 2,4 | 3,6 | incalc. | pioggia |
| 20 | 746,2 | 746,8 | 747,1 | 746,7 | 2,2 | 4,4 | 4,1 | 5,0 | 2,0 | 3,3 | 0,4 | pioggia |
| 21 | 749,6 | 749,4 | 749,8 | 749,6 | 3,4 | 5,8 | 3,8 | 6,2 | 3,2 | 4,2 | 2,3 | pioggia |
| 22 | 751,2 | 755,5 | 756,1 | 755,3 | 3,8 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 2,9 | 4,2 | 1,2 | pioggia |
| 23 | 757,0 | 754,8 | 754,8 | 755,5 | 5,0 | 5,8 | 5,2 | 6,0 | 4,3 | 5,1 | | |
| 24 | 753,3 | 753,8 | 756,0 | 754,4 | 5,0 | 7,2 | 6,8 | 7,5 | 4,5 | 6,0 | | |
| 25 | 756,6 | 755,8 | 755,3 | 755,9 | 6,0 | 7,0 | 6,5 | 7,3 | 5,9 | 6,4 | | |
| 26 | 755,7 | 755,5 | 754,2 | 755,1 | 5,4 | 6,2 | 7,0 | 7,0 | 5,0 | 6,1 | | |
| 27 | 752,1 | 751,9 | 754,9 | 753,0 | 6,2 | 8,8 | 8,3 | 9,1 | 5,8 | 7,4 | | |
| 28 | 761,0 | 762,4 | 764,7 | 762,7 | 6,7 | 8,4 | 6,0 | 8,7 | 6,0 | 6,8 | | |
| 29 | 764,2 | 762,6 | 761,5 | 762,8 | 5,4 | 7,8 | 7,0 | 7,8 | 4,4 | 6,2 | | |
| 30 | 757,8 | 755,4 | 754,1 | 755,8 | 4,7 | 5,0 | 3,7 | 7,0 | 3,7 | 4,8 | | |
| 31 | 756,8 | 755,1 | 754,1 | 755,3 | 1,3 | 7,6 | 8,8 | 9,2 | 1,1 | 5,1 | | |
| | 750,5 | 749,7 | 750,1 | 750,1 | 5,2 | 7,1 | 6,1 | 7,7 | 4,4 | 5,9 | 47,9 | |

Altezza barometrica massima 764,7 (mm) g. 28 — Temperatura massima 15,0 (°) g. 13
» » minima 735,9 » 13 — » minima 0,7 » 17
» » media 750,1 — » media 5,9

Nebbia nei giorni 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31.
Rugiada abbondante nel giorno 20.

## Osservazioni meteorologiche
### fatte nell' Osservatorio della R. Università di Bologna (alt. 83m, 8)

**DICEMBRE 1916** - Tempo medio dell' Europa centrale

| Giorni del mese | Tensione del vapore acqueo in millimetri | | | | Umidità relativa in centesimi | | | | Nebulosità in decimi | | | Provenienza del vento | | | Velocità media del vento in chilom. all'ora | Evaporazione nelle 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | Media | 9h | 15h | 21h | 9h | 15h | 21h | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mm. |
| 1 | 6,0 | 6,7 | 6,8 | 6,5 | 92 | 97 | 97 | 95 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,0 |
| 2 | 7,4 | 7,3 | 7,6 | 7,4 | 100 | 92 | 99 | 97 | 10 | 10 | 10 | ? | W | W | 0 | 0,2 |
| 3 | 7,8 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 99 | 92 | 94 | 95 | 10 | 8 | 10 | W | W | ? | 2 | 0,3 |
| 4 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 97 | 97 | 97 | 97 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | SE | 0 | 1,0 |
| 5 | 7,4 | 8,2 | 6,3 | 7,3 | 100 | 97 | 77 | 91 | 10 | 10 | 10 | SE | W | SW | 8 | 0,2 |
| 6 | 5,3 | 6,0 | 6,5 | 5,9 | 76 | 73 | 92 | 80 | 7 | 8 | 10 | E | ? | ? | 4 | 1,0 |
| 7 | 6,5 | 5,5 | 6,7 | 6,2 | 94 | 76 | 95 | 88 | 10 | 10 | 10 | W | W | ? | 2 | 0,7 |
| 8 | 5,7 | 5,7 | 5,3 | 5,6 | 84 | 79 | 74 | 79 | 10 | 10 | 8 | W | W | W | 3 | 0,1 |
| 9 | 5,5 | 5,8 | 6,1 | 5,8 | 84 | 79 | 91 | 85 | 0 | 9 | 7 | ? | ? | ? | 1 | 1,0 |
| 10 | 5,5 | 7,2 | 6,7 | 6,5 | 93 | 91 | 95 | 93 | 10 | 8 | 10 | ? | SE | W | 1 | 0,5 |
| 11 | 6,4 | 7,0 | 6,8 | 6,7 | 85 | 86 | 98 | 90 | 3 | 8 | 10 | S | ? | ? | 1 | 0,3 |
| 12 | 6,1 | 6,3 | 6,7 | 6,4 | 94 | 71 | 76 | 80 | 10 | 8 | 10 | ? | W | SW | 3 | 0,9 |
| 13 | 7,3 | 6,3 | 5,3 | 6,3 | 68 | 51 | 56 | 58 | 7 | 8 | 10 | SW | SW | SW | 35 | 1,8 |
| 14 | 5,9 | 7,0 | 5,9 | 6,3 | 70 | 76 | 81 | 76 | 10 | 5 | 0 | W | ? | ? | 8 | 2,2 |
| 15 | 6,7 | 6,0 | 6,4 | 6,4 | 92 | 69 | 91 | 84 | 8 | 8 | 8 | SE | SW | NW | 8 | 0,8 |
| 16 | 4,8 | 4,9 | 5,6 | 5,1 | 93 | 75 | 97 | 88 | 10 | 2 | 0 | NW | ? | ? | 2 | 1,0 |
| 17 | 5,3 | 5,6 | 4,7 | 5,2 | 100 | 100 | 94 | 98 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | W | 2 | 0,0 |
| 18 | 5,0 | 5,1 | 5,4 | 5,2 | 96 | 93 | 98 | 96 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 2 | 0,6 |
| 19 | 5,4 | 5,5 | 5,4 | 5,4 | 98 | 81 | 88 | 89 | 10 | 2 | 4 | W | ? | ? | 2 | 0,4 |
| 20 | 4,8 | 5,9 | 5,8 | 5,5 | 89 | 93 | 95 | 92 | 0 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,4 |
| 21 | 5,2 | 5,8 | 5,8 | 5,6 | 90 | 85 | 96 | 90 | 8 | 0 | 6 | ? | ? | ? | 1 | 0,6 |
| 22 | 5,4 | 5,7 | 6,1 | 5,7 | 90 | 87 | 94 | 90 | 10 | 10 | 10 | W | ? | ? | 1 | 0,7 |
| 23 | 6,0 | 6,3 | 6,4 | 6,2 | 92 | 91 | 97 | 93 | 9 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,5 |
| 24 | 6,1 | 6,7 | 7,0 | 6,6 | 94 | 88 | 94 | 92 | 10 | 8 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,5 |
| 25 | 6,9 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 98 | 95 | 95 | 96 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,0 |
| 26 | 6,3 | 6,9 | 6,8 | 6,7 | 94 | 97 | 91 | 94 | 10 | 10 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,4 |
| 27 | 6,6 | 6,9 | 7,6 | 7,0 | 92 | 81 | 93 | 89 | 7 | 8 | 3 | W | ? | ? | 0 | 0,6 |
| 28 | 6,9 | 7,1 | 6,9 | 7,0 | 94 | 86 | 98 | 93 | 10 | 5 | 10 | ? | ? | ? | 0 | 0,5 |
| 29 | 6,5 | 6,1 | 5,9 | 6,2 | 97 | 78 | 78 | 84 | 10 | 2 | 4 | ? | ? | ? | 0 | 0,9 |
| 30 | 5,9 | 6,3 | 6,0 | 6,1 | 92 | 97 | 100 | 96 | 0 | 10 | 10 | ? | ? | NW | 0 | 0,5 |
| 31 | 5,0 | 6,8 | 5,8 | 5,9 | 100 | 83 | 68 | 84 | 10 | 5 | 0 | ? | ? | ? | 0 | 0,4 |
| | 6,1 | 6,4 | 6,3 | 6,3 | 92 | 85 | 90 | 89 | 8 | 8 | 8 | | | | 3 | 0,6 |

Tens. del vapor acq. mass. $8,2^{mm}$ g. 5
» » » » min. 4,7 » 17
» » » » media 6,3

Umidità relativa mass. 100 g. 2, 5, 17, 30, 31
» » min. 51 » 13
» » media 89

Proporzione dei venti nel mese

| N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 6 | 17 | 3 |

Media nebulosità nel mese in decimi: 8

# SULLA PENDENZA DELLE PRINCIPALI TORRI DI BOLOGNA, MODENA E PISA

## STUDI E CONFRONTI

MEMORIA

DEL

PROF. FRANCESCO CAVANI

(Letta nella Sessione del 22 Aprile 1917).

È pregio dell' opera il fare uno studio di confronto fra le condizioni, specialmente di pendenza, in cui ora si trovano le due principali Torri di Bologna, l'Asinelli cioè e la Garisenda, la Ghirlandina di Modena ed il Campanile di Pisa, a complemento di quelli precedenti nei quali trattai altre volte delle prime di tali Torri, e coll'aggiunta di quanto riguarda l' ultima delle Torri stesse.

Non è naturalmente scopo di questo studio il ripetere ciò che trovasi negli altri miei studi precedenti sulle Torri di Bologna e di Modena e neppure di riferire estesamente sui lavori e sulle pubblicazioni fatte per il Campanile di Pisa, dalle quali dovrà solo dedurre, per qui esporre, quanto interessi ai confronti colle altre Torri.

Nulla dirò quindi sulla parte storica delle Torri, ricordando solo le epoche della loro costruzione e farò solo cenno dei procedimenti seguiti nei rilevamenti planimetrici ed altimetrici e nelle determinazioni delle pendenze, senza richiami alle altre consimili operazioni fatte nei secoli scorsi.

Il rilevamento della Torre Asinelli di Bologna e lo studio della sua pendenza e della sua stabilità furono da me fatti negli anni dal 1907 al 1911 (1) e quelli consimili per la Garisenda nel 1902 (2). Il rilevamento e lo studio della pendenza della Ghirlandina di Modena furono da me fatti nell' anno 1901 (3) e nell' anno stesso il Prof. Silvio Canevazzi fece lo studio della stabilità di questa torre. Il rilevamento del Campanile di Pisa e gli studi della sua pendenza e stabilità, furono compiuti negli anni dal 1908 al 1912 da

(1) Cavani Prof. Francesco — Sulla pendenza e sulla stabilità della Torre Asinelli di Bologna. Atti della R. Acc. delle Scienze dell'Istituto di Bologna. Tomo IX, serie VI delle Memorie. 1911-12.

(2) Cavani prof. Francesco — Pendenza, stabilità e movimenti delle Torri, la Garisenda di Bologna e la Ghirlandina di Modena. Atti Società Ingegneri di Bologna. Tip. Gamberini e Parmeggiani, 1903.

(3) Cavani prof. Francesco. l. c.

una speciale Commissione (1) nominata dal Ministero della pubblica istruzione. I membri di tale Commissione Prof. Paolo Pizzetti ed Ing. Francesco Bernieri fecero il rilevamento del Campanile e la determinazione della sua pendenza, il compianto Ing. Giovanni Cuppari ne studiò le condizioni di stabilità ed anche il regime idrografico sotterraneo nelle sue attinenze colla stabilità del Campanile; il Prof. Mario Canavari fece studi geologici del sottosuolo e l'Arch. Agenore Socini illustrò l'attuale stato di conservazione di quel Campanile.

---

Le quattro Torri di cui si occupa questo studio sono state costruite poco dopo il 1000 ed in epoche presso a poco eguali, specialmente per ciò che riguarda l'inizio della loro costruzione.

L'Asinelli verso il 1100 o poco dopo; la Garisenda verso il 1110; la costruzione della Ghirlandina si ritiene forse iniziata nel 1099 e compiuta attorno al 1106 per la parte a sezione quadrata al disotto del piano delle campane, mentre poi questo piano si crede fosse costruito dopo il 1261, e le parti superiori, ossia la prismatica a sezione ottagona e la piramidale, furono di certo costruite dal 1261 al 1319: il Campanile di Pisa fu fondato nel 1174 così da terminarne presto la costruzione nei primi 7 degli 8 ordini di colonnate con arcate e cornici, in cui è diviso attorno al nucleo cilindrico centrale cavo internamente; l'8° ed ultimo ordine vi fu aggiunto nel secolo XIV.

Per gli studi sulla pendenza delle Torri Asinelli, Garisenda e Ghirlandina nulla qui è a dire, poichè basta, come ho accennato, fare il richiamo alle già citate pubblicazioni. Per il Campanile di Pisa è stato necessario di fare, sugli importanti lavori di quella Commissione, uno studio del quale esporrò qui i risultati, colla indicazione degli elementi analoghi a quelli che ho determinati per le altre Torri e che sono necessari per quei confronti che, dalle diverse condizioni di struttura delle Torri stesse, sono consentiti.

---

Il Campanile, o Torre, di Pisa ha una forma ben diversa da quella delle Torri di Bologna e di Modena, poichè la sua sezione è circolare, mentre quella delle altre è, o meglio può ritenersi, quadrata, astrazione fatta per la Ghirlandina di Modena dalle parti superiori, prismatica ottagonale e piramidale, le quali avendo i loro assi quasi verticali, non interessano nella determinazione della pendenza, mentre interessano in quella della stabilità. Per questa diversità di sezione delle Torri ne consegue che se è possibile mettere direttamente a confronto gli elementi principali riguardanti la pendenza dell'asse ed anche la stabilità di tutte quattro le Torri che qui si considerano, non è possibile per altri elementi fare confronti altro chè in modo che può dirsi indiretto.

Gli studi della Commissione riguardano tutto ciò che può interessare quell'insigne monumento.

---

(1) Relazioni compilate dalla Commissione tecnica per lo studio delle condizioni presenti del Campanile di Pisa. Tipografia Galileiana, Firenze, giugno 1913.

L'Ing. Bernieri, coadiuvato dal tecnico Sig. Luigi Ficini (1) fece il rilevamento geometrico del Campanile e ne determinò la pendenza con misure dirette sul Campanile stesso appoggiate a linee di riferimento date da fili a piombo e con speciali livellazioni, come da me fu fatto per le due Torri di Bologna. Il Prof. Pizzetti fece un rilevamento ottico (2) come è da Lui chiamato, mediante misure angolari e collimazioni esterne dirette, tangenzialmente alle cornici 1ª e 7ª che meglio si prestavano, da 4 capisaldi formanti un quadrilatero attorno al Campanile. Questo quadrilatero fu determinato colla misura diretta di un lato e con misure angolari eseguite nei suoi vertici ed in un punto ausiliare interno al quadrilatero stesso. Un metodo consimile fu da me seguito nel rilevamento della Ghirlandina di Modena, mentre non era possibile applicarlo a quello delle Torri di Bologna per le speciali condizioni topografiche del luogo nell'epoca dei rilevamenti.

Il Prof. Pizzetti calcolò pure la pendenza del Campanile e stabilì il modo di potere in avvenire determinare le variazioni che potessero verificarsi nella pendenza stessa.

L'Ing. Cuppari fece lo studio delle condizioni di stabilità del Campanile (3) con risultati perfettamente paragonabili a quelli ottenuti dal Prof. Canevazzi per la Torre di Modena e da me per quelle di Bologna. Considerò Egli pure i tre casi del Campanile ad asse verticale, ad asse inclinato e ad asse inclinato coll'aggiunta dell'azione del vento, supponendo per questa una pressione di 225 Kg. per m. q. mentre a Modena ed a Bologna fu supposta di 200 Kg. e quindi di soli 25 Kg. più piccola.

La Commissione di Pisa ha riferito le pendenze all'unità di lunghezza dell'asse inclinato del Campanile, calcolandole col seno dell'angolo d'inclinazione dalla verticale, mentre negli studi delle altre Torri si sono sempre riferite le pendenze all'unità di altezza determinandole colla tangente di detto angolo. Per i confronti ho quindi calcolato le pendenze del Campanile di Pisa riferendole all'unità di altezza, ottenendo valori poco diversi e naturalmente un po' maggiori, poichè i rapporti fra le pendenze date dalla Commissione e quelle da me calcolate, sono eguali ai coseni degli angoli d'inclinazione dalla verticale; angoli sempre piccoli, ossia di pochi gradi.

Il Prof. Canavari nel suo studio geologico del sottosuolo (4) rilevò come le fondazioni del Campanile fossero immerse in terreni costituiti da sabbie argillose dove si trovano le acque freatiche e come sotto a questi vi fossero altri terreni argillosi e sabbiosi, di origine continentale alluvionale o lagunare con tracce di sostanze torbose; rilevò pure come il sottosuolo verso la parte sud avesse una costituzione più irregolare di quello dalla parte Nord. Di qui una delle cause della pendenza del Campanile.

(1) Ing. F. Bernieri — Descrizione e rilevamento del Campanile. Pendenza attuale in confronto con quella di altri tempi. Relaz. Comm. Pisa l. c.

(2) Prof. P. Pizzetti — Caratteristiche dell'inclinazione desunte da operazioni geodetiche da ripetersi in futuro. Relaz. Comm. Pisa l. c.

(3) Ing. G. Cuppari — Determinazione approssimativa degli sforzi unitari massimi nel terreno di fondazione e nelle murature. Relaz. Comm. Pisa, l. c.

(4) Prof. Mario Canavari — Studi geologici del sottosuolo. Relaz. Comm. Pisa l. c.

L'Ing. Cuppari nell'altro dei due studi da Lui fatti per il Campanile di Pisa (1) rilevò gli effetti di abrasione e di trasporto di sabbia prodotti da una corrente d'acqua sotterranea, artificiosamente derivata in antico verso l'esterno, che agiva specialmente sotto la parte Sud dell'anello di fondazione dal Campanile. Altra causa speciale e molto importante, che si collega a quella indicata dal Prof. Canavari, e che produsse la pendenza del Campanile.

Il Campanile di Pisa non avendo, per la sua sezione circolare nè fronti nè spigoli, non si presta a dare sotto questo rapporto altri elementi di confronti diretti colle altre Torri; elementi che pure hanno molto importanza.

Vi si può supplire, traendo partito degli studi fatti dal Prof. Pizzetti e dall'Ing. Bernieri sui due punti più alti e sui due più bassi delle sezioni corrispondenti alle cornici 1ª e 7ª; punti determinati dalla intersezione, cogli orli superiori di tali cornici, del piano di massima inclinazione dell'asse del Campanile, che hanno supposto coincidente col piano verticale dei due centri di figura delle cornici stesse.

Le rette che si può supporre uniscano i due punti a Sud più bassi di ciascuna di dette cornici e i due punti più alti a Nord, possono sostituire gli spigoli o le fronti delle altre Torri e condurre per il Campanile di Pisa alle importanti conclusioni che a tale riguardo si sono dedotte per le Torri stesse.

I risultati ottenuti nello studio fatto sui lavori della Commissione di Pisa sono riassunti nello specchio seguente, compilato in modo da potersi unire di seguito a quello consimile che riguarda le altre Torri e che trovasi pubblicato nella mia Memoria sulla Pendenza e stabilità della Torre Asinelli (2).

---

(1) Ing. G. Cuppari — Sul regime idrografico sotterraneo e sulle sue attinenze con la stabilità del Campanile. Relaz. Commi. Pisa, l. c.

(2) Cavani, l. c.

# CAMPANILE DI PISA (a sezione circolare)

| OGGETTO | DA TERRA AL PIANO DELLA 7ª CORNICE — Risultati | | | FRA I PIANI DELLA 1ª E DELLA 7ª COR. — Risultati | | | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Inclinazione dell'asse dalla verticale (1) | 5 | 20 | 29 | 5 | 17 | 6 | Verso Sud. |
| Inclinazione della retta congiungente il punto più basso della 1.ª cornice col più basso della 7.ª | | — | — | 4 | 41 | 39 | Punti nel piano di massima inclinazione dell'asse dalla parte Sud. |
| Inclinazione della retta congiungente il punto più alto della 1ª cornice col più alto della 7.ª | — | — | — | 5 | 52 | 53 | Punti nel piano di massima inclinazione dell'asse dalla parte Nord. |
| Direzione del piano d'inclinazione dell'asse | — | - | — | - | - | — | Devia dal meridiano di 2°, 25' da N. verso O. |
| Inclinazione dalla verticale di ognuna delle congiungenti i due punti più alti e i due più bassi delle due cornici, dovuta alla rastremazione esterna del Campanile | — | — | — | 0 | 35 | 40 | Differenza diametri cornici 1ª e 7ª metri 0,729. |
| Pendenza massima dalla verticale | - | — | — | — | - | — | Fra la 1ª e la 2ª cornice |
| Strapiombo dell'asse al piano terra | metri 4,319 | | | -- | | | m. 4,802 per tutta l'altezza. |
| Strapiombo dell'asse fra le due cornici | — | | | metri 3,248 | | | |
| Strapiombo della congiungente i due punti più bassi | — | | | » 2,896 | | | Punti dalla parte Sud. |
| Strapiombo della congiungente i due punti più alti | — | | | » 3,601 | | | Punti dalla parte Nord. |
| Pendenza p. 100 dell'asse dalla verticale | 9,350 | | | 9,251 | | | La Comm. dà 9,310 e 9,210 perchè si riferisce all'unità sull'asse inclinato e non sull'altezza. |
| Pendenza p. 100 della congiungente i due punti più bassi | — | | | 8,211 | | | Punti dalla parte Sud. |
| Pendenza p. 100 della congiungente i due punti più alti | — | | | 10,301 | | | Punti dalla parte Nord. |
| Altezze del Campanile | metri 46,194 | | | metri 35,111 | | | Di tutto il Campanile metri 54.586. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Superficie della base del campanile | m q. | 188,30 | al piano terra. |
| » del vuoto interno | » | 48,64 | » |
| » del piano anulare di posa della fondazione | » | 281,99 | |
| Peso totale del Campanile | Tonn. | 14486 | con pesi unitari variabili da Kg. 2000 a 2800 a seconda dei materiali. |
| Pressione nell'ipotesi del Camp. verticale - sul materiale p.c.q. | Kg. | 7,63 | al piano di posa dei plinti delle colonne del 1° ordine. |
| » » terreno » | » | 5,14 | |
| » » materiale » | » | 8,60 | nell'anello circolare nucleo interno - al 1° ripiano. |
| » » » » | » | 39,07 | sulle 30 colonne considerate indipendenti. |
| Pressione tenendo conto pendenza - sul materiale p. c. q. | » | 14,51 | al piano di posa dei plinti delle colonne del 1° ordine. |
| » » terreno » | » | 9,61 | |
| » » materiale » | » | 16,00 | nell'anello circolare nucleo interno - al 1° ripiano. |
| » » » » | » | 58,88 | sulle 30 colonne considerate indipendenti - al 1° ripiano. |
| Pressione aggiungendo azione vento - sul materiale p. c. q. | » | 15,30 | al piano di posa dei plinti delle colonne del 1° ordine. |
| » » terreno » | » | 10,12 | |

**NOTA** - I rilevamenti furono fatti negli anni dal 1908 al 1912. Vedi memorie del Prof. P. Pizzetti, dell'Ing. F. Bernieri e del compianto Ing. G. Cuppari nelle « Relazioni compilate dalla Commissione tecnica per lo studio delle condizioni presenti del Campanile di Pisa, Firenze giugno 1913. Tip. Galileiana.

(1) Il tronco fra la 1ª e la 7ª cornice fu quello maggiormente studiato dalla Commissione. Non fu considerato l'8° ordine al disopra della 7ª cornice perchè di struttura diversa da quella degli ordini inferiori e perchè è il tronco meno pendente.

Le quattro Torri di cui qui si tratta sono tutte pendenti e per due di esse, per il Campanile di Pisa cioè e per la Garisenda di Bologna, che pendono maggiormente, si ha nella loro pendenza una caratteristica singolare che le ha sempre contraddistinte anche nei secoli passati.

Sono diverse le altezze di queste Torri; primeggia l'Asinelli con m. 97,20 al piede della palla superiore, segue la Ghirlandina con m. 88,24, pure al piede della sua palla superiore, poi il Campanile di Pisa con m. 54,586 al centro della piattaforma superiore e viene ultima la Garisenda con m. 48,16 al centro del piano dei parapetti superiori.

Sono diverse le aree delle sezioni al piano terra con mq. 188,30 per il Campanile di Pisa, 121,00 per la Ghirlandina, 81,00 per l'Asinelli e 55,50 per la Garisenda, compresi sempre i vani interni.

I pesi totali di queste Torri si possono supporre determinati nelle cifre seguenti; Tonn. 14.486 per il Campanile di Pisa, 9.325 per la Ghirlandina di Modena, 7.345 per l'Asinelli e 4.120 per la Garisenda.

Le quattro Torri hanno comune il difetto di essere state costruite, come si usava quasi sempre in quei tempi, colla loro base di fondazione pochissimo estesa in rapporto alla loro sezione al piano terra, alla loro altezza e quindi al peso considerevole della loro mole. L'Asinelli, la Garisenda e la Ghirlandina hanno la base di fondazione che si allarga rispettivamente tutto attorno di soli m. 0,70. 0,40 e 0,72. Il campanile di Pisa ha la sua base di fondazione, ad anello circolare vuoto internamente, del raggio esterno di soli m. 1,26 superiore a quello della sua sezione al piano terra, o meglio al piano di posa dei plinti delle colonne del 1° ordine.

Dalle esposte condizioni ne consegue che in quelle Torri, il materiale di cui sono costruite e il terreno su cui poggiano, si trovano assoggettati a sforzi di pressione molto forti. Tali sforzi se possono anche ritenersi ammissibili in via eccezionale per il materiale, poichè si hanno esempi di pressioni maggiori, non sarebbero ammissibili in alcun modo per il terreno di fondazione.

Considerando le Torri ad asse verticale, ossia nell'ipotesi che non fossero pendenti, si ha che il terreno sotto al piano di posa della fondazione sopporta le pressioni unitarie seguenti, espresse in chilogrammi per centimetro quadrato: nell'Asinelli 6,97, nella Ghirlandina 6,37, nella Garisenda 5,38 e nel Campanile di Pisa, 5,14.

Se si ammette che un buon terreno possa essere caricato al massimo da Kg. 2,5 a Kg. 3 p. cent. q. e che nel terreno di Pisa, come riferisce la Commissione, non si debba oltrepassare la pressione unitaria di 1 Kg. per cent. q. si vede subito come sia enorme la pressione che le Torri esercitano sul terreno ad esse sottostante. Questa pressione cresce ancora sensibilmente se si tiene conto della pendenza, senza o con l'azione del vento. Per le due Torri più pendenti, ossia per la Garisenda e per il Campanile di Pisa si hanno rispettivamente nei due casi Kg. 11,01 e Kg. 12,60 per l'una e Kg. 9,61 e Kg. 10,12 per l'altra.

Da tali enormi pressioni dipende la causa prima e principale della pendenza di tutte queste Torri.

Volendo ora considerare, in modo speciale, la pendenza delle Torri, che tanto influisce sulla loro stabilità, e fare uno studio razionale e completo del fenomeno complesso che per la pendenza stessa si manifesta in questi insigni nostri Monumenti, con i possibili confronti dei risultati ottenuti per ognuno di essi, conviene prendere in esame le inclinazioni, pendenze e strapiombi degli assi e dei vari loro tronchi, nonchè delle altre parti principali di ogni Torre.

Considerando per primo l'elemento più importante che è quello della pendenza dell'asse si hanno i risultati seguenti:

| Torri | Inclinazioni degli assi dalla verticale | | | Strapiombi | Pendenze p. 100 | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° | ' | '' | metri | | |
| Campanile di Pisa . | 5 | 20 | 29 | 4,319 | 9,350 | Da terra al piano della 7ª cornice. |
| Torre Garisenda . . . | 3 | 49 | 52 | 3,220 | 6,696 | Per l'intera altezza. |
| » Asinelli . . . . | 1 | 26 | 49 | 2,250 | 2,525 | Da terra al piano del terrazzo superiore. |
| » Ghirlandina. . | 1 | 14 | 16 | 1,050 | 2,160 | Per la parte a sezione quadrata. |

Il Campanile di Pisa primeggia per la sua pendenza e lo si deve, come si è già detto, alle cattive condizioni del sottosuolo ed alle correnti sotterranee derivate verso l'esterno, che sono state pure la causa degli aumenti di pendenza verificatisi nel secolo scorso. Furono fatte correzioni d'altezza nella costruzione degli ordini superiori al quarto, e specialmente nel basamento dell'8°, ma queste non riuscirono a modificare la pendenza e neppure ad impedirne l'aumento.

La Ghirlandina di Modena è la meno pendente, sebbene le condizioni del suo sottosuolo non siano buone. Quel sottosuolo è acquitrinoso e molto compressibile, ma non ha, o si ritiene non abbia, correnti sotterranee come a Pisa. Per l'omogeneità e l'uniformità di quel sottosuolo la Ghirlandina ebbe due movimenti, uno di abbassamento generale con una forte compressione del terreno sottostante e l'altro d'inclinazione, poiche la compressione finale su quel terreno non poteva essere la stessa e dare gli stessi risultati su tutto il piano di fondazione. Le correzioni di pendenza delle parti superiori, costruite attraverso ad un lungo periodo di anni, servirono a modificare la pendenza totale della Torre e ad impedire che potesse aumentare.

Le due Torri di Bologna hanno un terreno di fondazione molto migliore, poichè privo di correnti d'acqua e non acquitrinoso. Assoggettato a fortissime pressioni, maggiori di quelle prodotte dal Campanile di Pisa sopra al terreno della sua fondazione, come si è già osservato, non ha potuto comprimersi in modo uniforme e ha dato luogo alle pendenze di quelle due Torri, in senso contrario fra loro, sebbene siano molto vicine l'una all'altra, poichè la Garisenda pende quasi totalmente verso Est e l'Asinelli verso Ovest.

Considerando ora i vari tronchi in cui si possono dividere le Torri, si trovano inclinazioni diverse dalla verticale negli assi dei tronchi stessi.

Per il Campanile di Pisa si va

da un massimo di 5°. 45′. 24″ nel secondo ordine
ad un minimo di 4°. 32′. 10″ nel settimo ordine escluso l'8°.

Per la Garisenda

da un massimo di 5°. 44′. 10″ nella parte più alta
ad un minimo di 2°. 20′. 17″ nella parte più bassa

Per l'Asinelli

da un massimo di 2°. 36′. 2″ sopra ai merli intermedi
ad un minimo di 0°. 37′. 17″ sotto agli stessi merli intermedi

Per la Ghirlandina

da un massimo di 1°. 23′. 4″ nel terzo tronco
ad un minimo di 0°. 56′. 42″ nell'ultimo tronco più alto della parte a sezione quadrata, escluse le parti superiori.

Oltre a queste diverse inclinazioni dei vari tronchi degli assi delle Torri si hanno pure in ciascuna di esse diverse direzioni delle inclinazioni stesse, cosichè il vero asse sarebbe costituito da un poligono sghembo, il cui lato di chiusura si prende come asse della Torre, considerando poi il piano verticale di questo lato come quello secondo il quale è diretta la massima pendenza.

Gli scostamenti però dei vertici del poligono dal suo lato di chiusura, ossia dall'asse, non sono in generale molto grandi. Così nel Campanile di Pisa, escluso l'8° ordine, si ha uno scostamento massimo di m. 0,099 al 4° ripiano.

Da ciò si deduce che i vari tronchi delle Torri sono contorti fra di loro; contorsioni che con opportune misurazioni, si sono chiaramente dimostrate nelle Torri di Bologna ed in quella di Modena; non sono state similmente riscontrate nel Campanile di Pisa forse a causa della sua sezione circolare.

Le contorsioni delle Torri si spiegano coll'influenza della diversa compressione e del diverso assettamento dei materiali di cui sono costruite. In certi casi, come nella Ghirlandina, vi hanno influito anche le correzioni di pendenza fatte ad arte dai costruttori; in altri casi, come nell'Asinelli, bisogna ammettere che vi sia stata anche trascuratezza nella costruzione.

---

Considerando le fronti delle varie Torri, ossia le linee di maggior pendenza delle fronti medesime, nell'ipotesi che siano piane, e per quella di Pisa le congiungenti i due punti più alti a Nord e quelli più bassi a sud delle cornici 1 e 7 più volte richiamate, si hanno i risultati seguenti per ciò che si riferisce alle massime e minime inclinazioni.

Per il Campanile di Pisa

Retta congiungente i due punti più alti a Nord. Inclinazione massima 5°. 52′. 53″
Retta congiungente i due punti piu bassi a Sud. Inclinazione minima 4°. 41′. 39″

Per la Garisenda

Fronte Ovest. Inclinazione massima 4°. 11′. 31″

Fronte Sud. Inclinazione minima 0°. 23′. 15″

Per l'Asinelli

Fronte Est nel tronco inferiore ai merli intermedi. Inclinazione massima 1°. 51′. 19″

Fronte Nord nel tronco inferiore ai merli intermedi. Inclinazione minima 0°. 14′. 14″

Per la Ghirlandina

Fronte Est. Inclinazione massima 1°. 15′. 44″

Fronte Sud. Inclinazione minima 0°. 28′. 9″

Questi dati non hanno molta importanza perchè non si tratta di fronti opposte, eccettuato per il Campanile di Pisa nel quale le rette considerate sono opposte fra loro nel piano di massima pendenza dell'asse. Ne consegue che l'inclinazione media fra la massima e la minima, sopra indicate, corrisponde alla inclinazione dell'asse fra le cornici 1ª e 7ª con una differenza di soli 8″.

Hanno maggiore importanza i confronti fra le pendenze delle fronti opposte specialmente in riguardo alla rastremazione delle Torri. Risulta quanto segue:

Per il campanile di Pisa la differenza fra le inclinazioni massima e minima è di 1°. 11′ 14° e la inclinazione delle congiungenti opposte su indicate dovuta alla rastremazione del Campanile fra quelle due cornici è di 1°. 11′. 20″ con una differenza dalla prima di soli 6″.

Per la Garisenda alla inclinazione massima della fronte Ovest su riportata, è opposta quella della fronte Est di 3°. 29′. 50″ con una differenza fra le due di 41′. 41″ che diversifica di 1′. 37″ dalla inclinazione dovuta alla rastremazione che è di 40′. 4″.

Per l'Asinelli nel tronco inferiore, dei due in cui la Torre è divisa dai merli intermedi, alla inclinazione massima della fronte Est su indicata si contrappone quella della opposta fronte Ovest di 1°. 10′. 32″ con una differenza dalla prima di 40′. 47″, mentre la inclinazione di quelle due fronti fra loro, dovuta alla rastremazione, è di 41′. 32″ con una differenza di 45″.

Le maggiori differenze per le due Torri Garisenda ed Asinelli dipendono dal fatto che il piano di massima pendenza non è esattamente in direzione normale alle fronti opposte su considerate. Per consimile ragione non si può fare un confronto analogo per la Ghirlandina, poichè in essa il piano di massima pendenza dell'asse ha una direzione quasi diagonale al quadrato di base e quindi obbliqua a tutte le fronti.

I confronti fra le due linee opposte nel Campanile di Pisa hanno poca importanza se si riferiscono i dati allo studio fatto dal Prof. Pizzetti, poichè dalla pendenza dell'asse si passa a quella delle due linee opposte basandosi sulla differenza dei raggi delle due cornici; tali confronti offrono quindi solamente una verifica delle calcolazioni. I confronti stessi hanno importanza maggiore se si considerano i risultati ottenuti dal Prof. Pizzetti colle tangenti esterne al Campanile e più specialmente poi i rilievi fatti dall'Ing. Bernieri, poichè le pendenze dell'asse e le posizioni dei punti estremi delle rette opposte su indicate sono state determinate con misure fra di loro indipendenti.

Considerando da ultimo gli spigoli come si è fatto per le fronti e supponendo che le due rette del Campanile di Pisa rappresentino due spigoli, si hanno i risultati seguenti:

Per il Campanile di Pisa

Retta a Nord. Inclinazione massima 5°. 52′. 53″. Pendenza p. 100 - 10.301
Retta a Sud. Inclinazione minima 4°. 41′. 39″. Pendenza p. 100 - 8.211

Per la Garisenda

Spigolo Nord-Ovest. Inclinazione massima 4°. 29′. 31″. Pendenza p. 100 - 7.827
Spigolo Sud-Est. Inclinazione minima 3°. 26′. 10″. Pendenza p. 100 - 6.005

Per l'Asinelli (tronco inferiore ai merli intermedi)

Spigolo Sud-Est. Inclinazione massima 1°. 56′. 39″. Pendenza p. 100 - 3.387
Spigolo Nord-Ovest. Inclinazione minima 1°. 10′. 52″. Pendenza p. 100 - 2.073

Per la Ghirlandina

Spigolo Nord-Est. Inclinazione massima 1°. 38′. 54″. Pendenza p. 100 - 2.880
Spigolo Sud-Ovest. Inclinazione minima 0°. 49′. 25″. Pendenza p. 100 - 1.440

Per ciò che riguarda le pendenze degli spigoli, in causa della osservazione fatta precedentemente sulle direzioni dei piani di massima pendenza, non si possono fare utili confronti e trarne conclusioni altro chè per la Ghirlandina e per il Campanile di Pisa, per il quale ultimo però non hanno che a ripetersi quelle precedenti.

Per la Ghirlandina, nella quale la pendenza massima dell' asse è diretta presso a poco a Sud Ovest, si ha che la media delle inclinazioni su indicate differisce dalla inclinazione dell' asse di soli 7″ e la media delle due pendenze dà esattamente la pendenza p. 100 dell' asse.

In riguardo alla rastremazione, per la quale si hanno quei due spigoli inclinati l' uno all' altro di 51′, si ha un divario di 1′. 31″ colla differenza delle due inclinazioni su riportate.

In riguardo agli spigoli si potrebbero anche considerare gli strapiombi, ma questi hanno poca importanza, poichè il loro valore assoluto dipende dall' altezza dello spigolo o del tratto di spigolo che si considera.

Limitando l' esame alle Torri Garisenda e Ghirlandina si ha per la prima che lo spigolo più pendente è quello di Nord-Ovest con uno strapiombo di metri 3.77 e il meno pendente quello opposto di Sud-Est con uno strapiombo di m. 2.89. La media dei due strapiombi è di m. 3.33, mentre lo strapiombo dell' asse di m. 3.22 e la differenza di m. 0,11 dipende dal fatto che la pendenza massima dell' asse non è nella direzione della diagonale della base che a quei due spigoli corrisponde.

Per la seconda si ha che lo spigolo più pendente è quello di Nord-Est con uno strapiombo di m. 1.40 e il meno pendente è quello opposto di Sud-Ovest con uno strapiombo di m. 0.70. La media dei due strapiombi è di m 1.05 e corrisponde esattamente allo strapiombo dell' asse, poichè la direzione del piano di massima pendenza dell' asse stesso è di poco diversa da quella della diagonale della base corrispondente a quei due spigoli.

Si è così esposto tutto ciò che di più importante riguarda la pendenza delle quattro Torri considerate in questo studio, colle osservazioni principali che conveniva fare nei confronti fra le condizioni in cui si trovano le Torri stesse. Altri confronti ed altre osservazioni si possono fare esaminando lo specchio esposto precedentemente per il Campanile di Pisa e quello incluso nella mia Memoria sulla Torre Asinelli (1) già citata, nel quale sono stati riportati tutti gli elementi di pendenza e di stabilità che si riferiscono a questa Torre ed alle altre due, Garisenda e Ghirlandina.

I dati che si trovano esposti in tali specchi e gli studi fatti per ottenerli, possono servire a risolvere diverse questioni sulla determinazione delle pendenze delle Torri, rilevando alcuni errori in cui si cadeva, specialmente nei secoli passati, e si cade tuttora, ma è conveniente trattare in un altro studio, di questo importante argomento.

Sarebbe pure molto importante ed utile, un altro confronto fra le 4 Torri qui considerate, quello cioè dei movimenti periodici, che con un certo grado di permanenza, più o meno lunga, si manifestano nelle Torri, sia per l' azione del calore solare, come per quella del vento e per altre cause diverse, ma non si hanno ancora tutti gli elementi per farlo.

Sono stati studiati i movimenti della Torre Asinelli (2) e della Garisenda (3) di Bologna con importanti deduzioni sui risultati di tali studi, specialmente in riguardo alla stabilità, constatando che i movimenti di queste Torri sono normali e dimostrano le ottime condizioni attuali del terreno sottostante.

Furono studiati dal compianto Prof. Dante Pantanelli (4) i movimenti della Ghirlandina di Modena, verificando che a causa delle variazioni di livello delle acque sotterranee si hanno tuttora movimenti anormali, così da essere necessario di tenere ben regolato il regime di quelle acque.

Mancano studi consimili per il Campanile di Pisa e sarebbe utilissimo il farli poichè vi saranno di certo anche ora in esso dei movimenti anormali, forse più che nella Ghirlandina, a causa delle cattive condizioni di quel sottosuolo e delle correnti d' acqua che possono attraversarlo.

(1) Cavani Prof. F. l. c.

(2) Cavani Prof. Francesco — Movimenti della sommità rispetto alla base nella Torre Garisenda di Bologna. Atti R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. Serie VI Tomo VII, 1909-10.

(3) Cavani Prof. Francesco — Movimenti ecc. nella Torre Asinelli di Bologna. Atti R. Accademia Scienze Istituto Bologna. Serie VI, Tomo X, 1912-13.

(4) R. Faccioli — Relazione dei lavori compiuti dall' ufficio regionale per la conservazione dei monumenti dell' Emilia dal 1898 al 1901. Bologna, Ditta Nicola Zanichelli, 1901.

# Patogenesi e cura delle lesioni del nervo radiale consecutive a ferita d'arma da fuoco del plesso vascolo-nervoso-ascellare e della parte alta ed interna del braccio.

## NOTA PREVENTIVA

DEL

**Prof. GIUSEPPE RUGGI**

DIRETTORE DELLA CLINICA CHIRURGICA DI BOLOGNA

letta nella Sessione dell' 11 Febbraio 1917.

È a voi tutti noto quanto sono frequenti le lesioni del nervo radiale nei feriti e nei traumatizzati dell' arto superiore. Questo deriva dal fatto che il nervo radiale, avendo stretti rapporti col corpo dell' omero, direttamente od indirettamente viene leso nelle fratture dell' omero stesso, specie in quelle dovute a ferite d' arma da fuoco.

Ma avendo io osservato che la lesione nervosa del radiale si manifesta con la massima frequenza anche nelle ferite alte dell'arto superiore, nelle quali il plesso vascolo-nervoso si trova più o meno compromesso, ho voluto studiare la patogenesi e stabilirne la possibile cura.

Ho cominciato le mie osservazioni operando di bel nuovo un giovane ufficiale che avevo curato da prima di aneurisma falso dell' ascellare con la legatura della succlavia fuori dagli scaleni.

Mediante un taglio esteso dalla clavicola alla parte interna e superiore del braccio, incidendo in senso trasversale il muscolo gran pettorale e successivamente il piccolo pettorale, dall' aponeurosi clavi-coraco-ascellare, misi allo scoperto il fascio vascolo-nervoso.

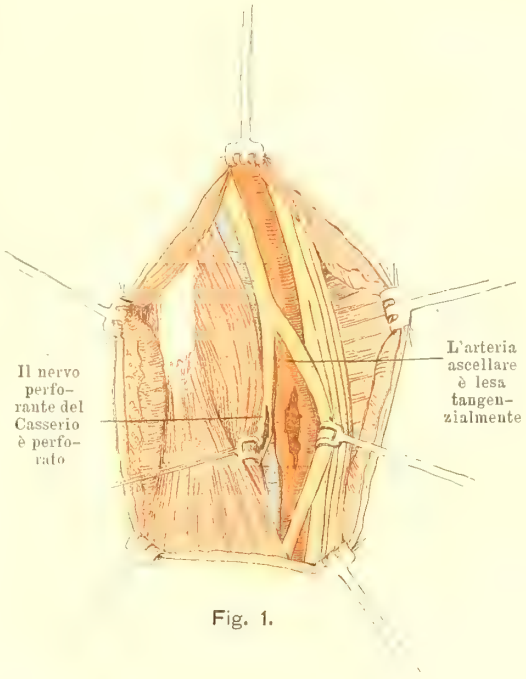



Fig. 1.

Contemporaneamente distaccai con cura i tessuti oltremodo coartati ed infiltrati di sangue, e, solo allora, mi fu possibile esaminare le singole parti. Misi perciò in evidenza innanzi tutto una ferita dell' arteria, di forma elissoide, col suo maggior diametro parallelo all'asse del vaso. Tale ferita, situata

nella parete antero-esterna dell' arteria, corrispondeva ad una perforazione tutta caratteristica del nervo perforante del Casserio. (Fig. 1). Il nervo radiale sebbene fosse serrato in un grumo assai solido, che per di più lo ricacciava contro il bordo inferiore tagliente del muscolo sottoscapolare, fu trovato tuttavia integro.

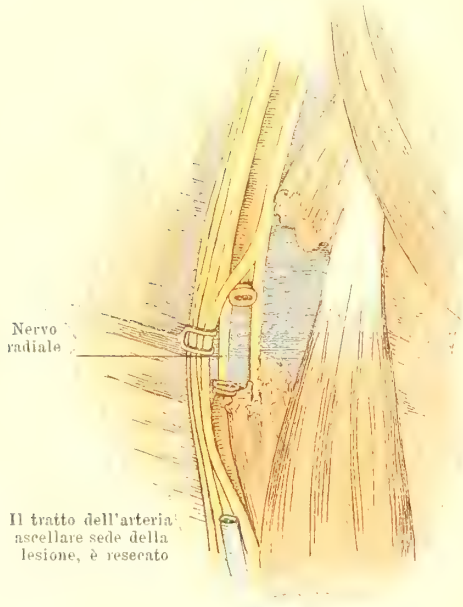


Fig. 2.

A questo primo caso, che destò in me il massimo interesse, ne seguì un secondo non meno importante. Anche in questo (un soldato) avevo in antecedenza allacciata la succlavia fuori dagli scaleni a cura di un aneurisma falso ascellare, consecutivo a ferita del plesso vascolo-nervoso. La paralisi del nervo radiale completa era evidentissima. All' esame della parte, col metodo seguito nel primo caso, trovai l' arteria ferita tangenzialmente ; il muscolo coraco-bracchiale squarciato; il nervo perforante del Casserio leso, ma integro il nervo radiale. (Fig. 2ª).

Il terzo caso preso a studiare riguardava un soldato avente un aneurisma artero-venoso dell' ascellare sinistra e la paralisi del nervo radiale in associazione a quella del perforante del Casserio. In questo soggetto riscontrai la presenza dell' arco ascellare, descritto dal Langer, la lesione del muscolo coraco-bracchiale e del nervo perforante. Il nervo radiale era assai voluminoso ed appariva evidentemente infiammato, con suffusioni sanguigne (Fig. 3ª).

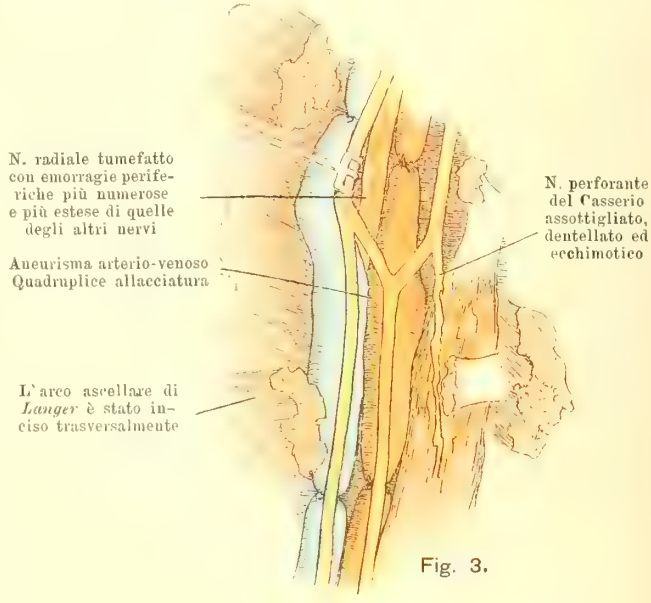


Fig. 3.

Nel quarto caso d' aneurisma traumatico più che l' ascellare era stata colpita l' omerale nella sua parte più alta. Ad ogni modo anche in questo soggetto, nel quale la paralisi del radiale era completa, si aveva la compromissione di tutti gli altri nervi che si vedevano avvolti in una stretta ganga fibrosa. La sacca dell' ematoma si era svolta nello spessore del muscolo coraco-brachiale e del brachiale anteriore. Il nervo radiale non appariva molto compromesso. (Fig. 4ª).

Anche nel quinto caso di ferita d' arma da fuoco del plesso ascellare con completa paralisi del radiale, la lesione principale si vedeva nel perforante del Casserio (Fig. 5ª). La vena basilica si notava ectasica e bozzuta, il nervo radiale ingrossato, roseo, e diviso in due fasci. (Fig. 6).

Nel sesto caso, di ferita d' arma da fuoco del plesso ascellare con paralisi di tutti i nervi del plesso stesso, le lesioni massime appartenevano ai principali tronchi nervosi mentre il radiale appariva escluso dal tessuto cicatriziale che gli altri nervi avvolgeva e deformava. (Fig. 7ª).

Nel settimo caso, pure non fu trovato che un ingrossamento del radiale a spiegazione dello stato paralitico osservato. (Fig. 8ª).

Il nervo radiale non l' ho visto leso che in due casi :

In uno (caso 8°) era ferito in basso, fuori dell'ascella, là dove sta per circondare l' omero e passare dall' interno all'esterno lungo la doccia radiale (Fig. 9ª).

Nell' altro (caso 9°) il nervo radiale era nettamente perforato e insieme con esso era stata lesa tangenzialmente anche l' arteria ascellare (Fig. 10ª). Questo è l' unico caso della serie, di lesione veramente diretta del nervo radiale nella regione dell' ascella ed è oltremodo caratteristico.

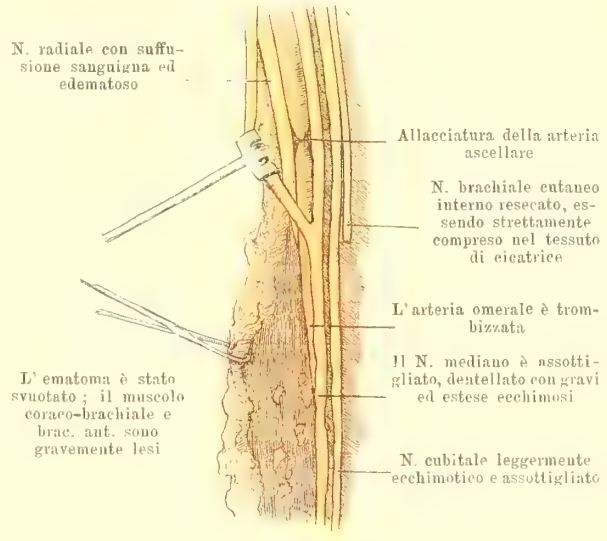


Fig. 4.

A questi nove casi esaminati in vivo devo aggiungere un decimo caso studiato al tavolo anatomico, essendo il soggetto morto in conseguenza di una gravissima lesione toracica e addominale che complicava la ferita della spalla. Qui parecchi tronchi del plesso nervoso si mostravano lesi traumaticamente, mentre il nervo radiale appariva esente dal traumatismo. Anche in questo soggetto durante la vita la caduta della mano, quindi la paralisi funzionale del radiale appariva completa.

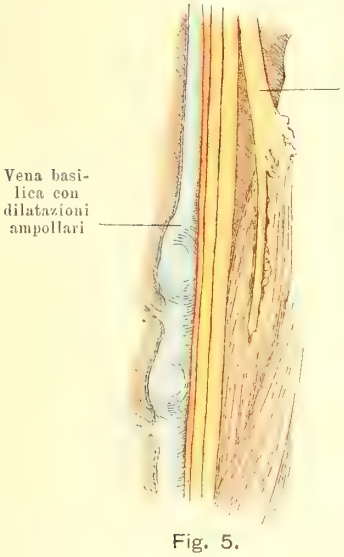


Fig. 5.

Dai dieci casi finora raccolti, e bene studiati, di paralisi del nervo radiale nei feriti d' arma da fuoco della spalla, non si possono trarre delle conclusioni generali di grande valore. Ad ogni modo mi è permesso dire che, nei casi da me osservati, il nervo anatomicamente più compromesso non è stato per certo il radiale, bensì di preferenza il perforante del Casserio e con esso il corrispondente muscolo coraco-brachiale. Questo fatto dovrebbesi mettere in relazione con la resistenza che, nell'atteggiamento del soldato durante l'azione, può opporre questo nervo al proiettile feritore, e potrebbe corrispondere per frequenza alla lesione, così facile a riscontrarsi, del nervo sciatico-popliteo esterno, e che è stata dall'Hartmann (Société de Chirurgie - Agosto 1916) messa in rapporto con la minore spostabilità di questo nervo di fronte ai proiettili feritori.

La lesione del perforante del Casserio fu ancora evidentemente riscontrata in un capitano di linea che, ferito all'ascella da un proiettile, venne a noi con un ematoma pulsante assai superficiale della parete anteriore dell'ascella destra e che fu curato con la legatura dell'ascellare fuori degli scaleni. In questo caso esisteva, ciò che persiste tuttora sebbene alquanto migliorata, la paralisi dei muscoli bracchiali anteriore e bicipite, sostituiti nella loro funzione dagli altri muscoli flessori dell'avambraccio ed in ispecie dal lungo supinatore.

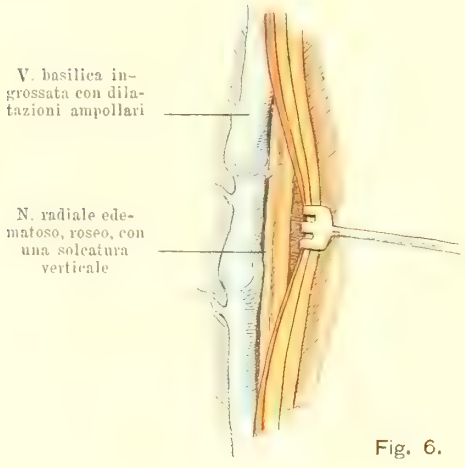


Fig. 6.

Lo studio di questo soggetto ci ha dimostrato che l'ematoma dell'ascella, quando sta al davanti dell'aponeurosi clavi-coraco-ascellare non compromette funzionalmente la generalità dei tronchi nervosi ascellari i quali si trovano per la presenza di questa stessa aponeurosi posti a riparo dall'azione perturbatrice del versamento ematico, il che al contrario avviene nel caso inverso. Nell'accennato soggetto, palpando il cavo ascellare, questo si sentiva relativamente libero; ed il nervo radiale era perfettamente funzionante, come pure il mediano e il cubitale.

Dagli accennati casi raccolti, mi risulta che la paralisi del nervo radiale, nella grande maggioranza dei feriti dell'ascella e della parte alta del braccio con lesione del plesso vascolo-nervoso, si manifesta anche quando anatomicamente non si osservano sul nervo stesso lesioni grossolane o tali da potersi ritenere come la cagione diretta della soppressa funzione nervosa.

Prima di procedere oltre nell'analisi dei fatti osservati, credo opportuno richiamare l'attenzione dei Colleghi sulla disposizione anatomica ritenuta più comune del plesso nervoso per entro l'ascella ed in ispecie sulle origini del nervo radiale dai vari tronchi nervosi cervicali V°, VI°, VII° e VIII°. Da tale disposizione risulta ad evidenza la possibile compromissione funzionale del nervo radiale, qualunque sia la lesione che interessa gli elementi del cavo ascellare. Un proiettile che attraversa l'ascella anche se non ferisce il nervo radiale, deve per il fatto stesso delle vibrazioni su tutto il plesso fare risentire un'azione inibitoria, talvolta di vera commozione sopra tutti i nervi del plesso medesimo con prevalenza sul radiale, dati i molteplici rapporti che esso ha con tutti gli accennati tronchi nervosi.

Fig. 7.

Dal frequente ingrossamento notato del nervo radiale; dalle suffusioni sanguigne osservate nel suo nevrilemma e dal suo diffuso arrossamento, abbiamo ammesso nella maggioranza dei casi l'esistenza di un processo di nevrite che poteva spiegare i fenomeni clinici osservati.

Anche la compressione apportata dal sangue versatosi è un altro elemento impor-

tante da tenersi a calcolo, avendo constatato quale tenacia offrano alla loro remozione gli ematomi fattisi fibrosi. A questo proposito ricorderò una condizione meccanica tutta speciale che mi fu dato di osservare rispetto al solo nervo radiale. Ho veduto cioè talvolta questo nervo sospinto e compresso dall'ematoma contro il margine inferiore del muscolo sottoscapolare ed una volta contro di esso fortemente strozzato dal tessuto fibroso.

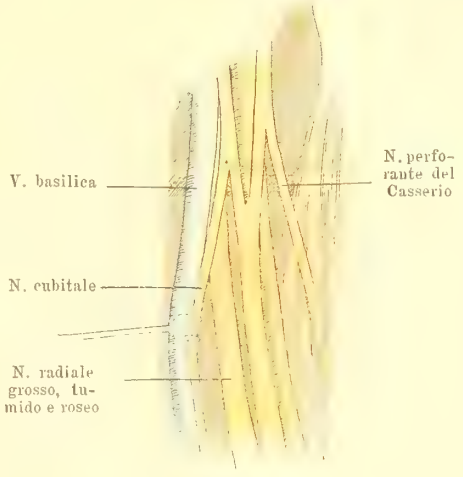


Fig. 8.

Ma oltre queste ragioni anatomiche normali e patologiche io credo che a spiegare la frequenza del fenomeno clinico inerente al nervo radiale, specialmente nei casi in cui questo non sia stato direttamente interessato dall'azione del proiettile, altre ragioni ancora d'indole fisiologica e funzionale possano essere invocate.

Io qui mi limito ad un semplice abbozzo della questione che ho ancora in istudio. Per me il movimento di estensione e flessione dorsale della mano, paragonato a quello di flessione palmare è un *movimento di sforzo* o *di forza*, mentre il secondo è un *movimento di riposo*. Infatti i due muscoli radiali esterni, attaccati alla parte alta e posteriore del 2° e 3° metacarpo, ed il cubitale posteriore, attaccato alla parte alta ed interna del 5° metacarpo (Fig. 11) debbono agire in modo assai obliquo, strisciando sull'osso, e muovere una leva di terzo genere, il cui braccio breve è prossimale o in alto, e il braccio lungo è distale od in basso.

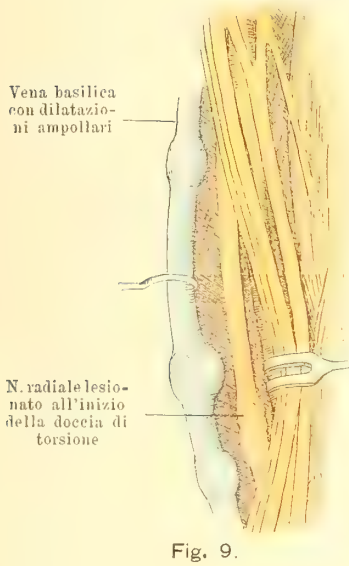


Fig. 9.

Così pure, se paragoniamo fra di loro il movimento di supinazione con quello di pronazione vediamo che il primo è un movimento di forza, il secondo di riposo. Per quest'ultimo movimento inoltre faccio osservare che, essendo la mano articolata al radio per mezzo delle ossa del carpo, si trova ad avere il suo asse di movimento in un punto eccentrico, per guisa che, lasciata a sè, essa cade in pronazione per il proprio peso, trascinando seco il radio che ruota sul cubito, il quale non è capace che di movimenti di estensione e di flessione sull'omero. Quindi - a mio avviso - in condizioni normali anatomo-fisiologiche i movimenti che devono compiere i muscoli innervati dal radiale, richiedono uno sforzo molto maggiore a confronto di quello richiesto dai muscoli innervati dal mediano e dal

Fig. 10.

cubitale. Onde le lesioni anche leggere del nervo radiale, capaci di portare una semplice interruzione fisiologica del nervo, riescono sempre gravi. Ciò appare tanto di più quando si tenga conto che per i movimenti di estensione, flessione dorsale, nonchè di supinazione della mano è deputato un solo nervo - il radiale -, mentre per i movimenti opposti agiscono due nervi - il mediano e il cubitale - che si possono in parte coadiuvare. Quindi maggior sforzo per il primo, che è solo a funzionare, assai minore sforzo per i secondi. Da ciò si comprende la facile e frequente compromissione della funzione del nervo radiale che si traduce con la caduta della mano e la mancata supinazione attiva.

Fig. 11.

Rispetto al trattamento di questi casi ben poco posso dire perchè della neurolisi da noi colla massima cura eseguita non risulta d'importante che il successo immediato dell'intervento operatorio, perchè tutti i malati guarirono di prima intenzione senza risentire il più piccolo disturbo dal subito traumatismo.

Del resto il tempo è troppo breve perchè si possa dir qualche cosa di positivo, circa i risultati ottenuti e che si potranno in seguito ottenere.

Un fatto importantissimo che debbo registrare si è la conservata funzionalità dei muscoli pettorali così largamente squarciati per raggiungere il cavo ascellare e dominarlo con tutta esattezza. Nei soggetti operati nessun disturbo si rese manifesto, il che sta a dimostrare l'ottimo risultato operatorio in ciascun caso ottenuto.

La stessa spiegazione fisiologica credo che si possa applicare, in alcuni casi, allo sciatico popliteo esterno, giudicato in generale più suscettibile di essere ferito a confronto col tronco principale dello sciatico. Anche qui, a mio modo di vedere, si renderebbe manifesto un fatto meccanico, essende il movimento di flessione dorsale e di valgismo del piede un *movimento di sforzo* o *di forza*; mentre che gli opposti movimenti non sarebbero che *di riposo*, quindi più facili a compiersi a confronto con i primi. A parità di lesione, talvolta lieve, i fenomeni si manifesterebbero più gravi in funzione dei muscoli innervati dallo sciatico-popliteo esterno, stante il movimento di sforzo ad essi affidato.

NOTA — Il lavoro completo verrà pubblicato nella « *Chirurgia degli organi di movimento* » Vol. I° Fasc. 2° Maggio 1917.

# INTORNO AL BOSSO DI ORICO

## NOTA STORICA

DEL

**Prof. A. BALDACCI**

letta nella Sessione del 22 Aprile 1917.

Pouqueville mi offre il motivo per questo studio (1). Egli scrive: « Une lieue et demie « au nord de Ducatès, on trouve les ruines d'Oricum, ville attribuée tantôt à l'Épire, tantôt « à l'Illyrie (2), qui est citée par une foule d'auteurs anciens. Lucain lui donne le sournom « de Dardanique (3), parce que Helenus et Tros régnèrent dans cette partie de l'Epire; « ou, suivant d'autres auteurs, Dardanus, qui était leur père. Mais ce n'est là qu'une tra- « dition mythologique très-incertaine (4). Denys Periègete assigne à cette position les limites « de la Hellade (5) du côtè de l'Illyrie. Hérodote, Scymnus, et Hécatée cité par Stephanus, « se contentent de la qualifier du titre de port de mer, sans parler de son gisement. Ainsi « il est probable que ceux qui la placent dans la val Daorso (s'ils n'entendent pas par « cette dénomination le golf d'Avlone) ont été induits en erreur par un passage sans doute « altéré de Polybe, dont le sens serait: Qu'elle se trouve à la droite d'un vaisseau por- « tant le cap pour entrer dans l'Adriatique. Mais il souffit d'un peu de réflexion pour « reconnaître l'erreur, si on fait attention que César, débarqué sur la plage occidentale « de l'Acrocéraune, employa une journée de marche pour se rendre de Paleste à Oricum, « où Bibulus était mouillé avec la flotte de Pompée, tandis que le dictateur prenait terre « de l'autre côté de la chaîne des montagnes. Properce (6) prouve plus clairement encore « que cette ville était située dans le golfe d'Avlone, lorsque après avoir dit adieu à Cyn- « thie, il souhaite qu'un vent propice la conduise au-delà des monts Cérauniens, dans le « port paisible d'Oricum. Preuve évidente, comme le remarque Paulmier, que cette ville « se trouvait dans l'Epire, au-delà des montagnes. Mais un fait parlant pour celui qui, « comme moi, connaît le pays, c'est le *buis* renommé d'Oricum, dont Nicandre (7) emprunte « la comparaison, qui (sans les raisons que je viens d'exposer) suffirait seul pour me « déterminer à placer cette ville à Porto-Raguseo. On ne trouve cet arbuste dans l'Épire « occidentale qu'aux environs de Ducatès, pays froid ».

Evidentemente nell'antichità, assai più di oggi, l'industria del legno del bosso doveva essere fiorente nell'Acroceraunia e non si comprenderebbe in altra guisa la menzione che Nicandro fa di questo alberello, riferendosi ad un carattere di paragone tanto secondario fra il colore di una pianta erbacea, allora usata nella medicina, e un legno la cui distribuzione

geografica era a quei tempi poco più che conosciuta per la sua parte balcanica, la quale è sempre una delle più importanti dell' « habitat » del *Buxus sempervirens*. « In Epirus « ist der Buchs häufig, in Albanien ebenfalls sehr verbreitet. In beiden Ländern wird er « ein schönes Bäumchen, welches die bulgarischen Tischler zugleich mit andern Arten « von Hölzern bearbeiten. Der Buchs steigt bis über 1300 m (Acroceraunia), und 1500 m « (Malj Seint in der Miridizia etc.) ist aber auch der mediterranen Region eigen (längs der « Strasse von Tepelen nach Klisura etc.). Im allgemeinen lebt er auf beschränkten Arealen. « Er zieht den Kalk vor. Ich erinnere mich nicht, ihn auf andern Substrat gesehen zu « haben. In der mediterranen Region lebt er in Gesellschaft von *Quercus Ilex*, *Phlomis* « *fruticosa*, *Punica Granatum* etc, in der Waldregion steht er gern mit Coniferen zusammen « (Abies, Pinus, Taxus etc.) und fehlt auch nicht in Gemeinschaft der Buche » (8).

Queste notizie che io comunicava al Christ nel 1913 sulle mie osservazioni personali, sono naturalmente indipendenti da quelle che si leggono in Boué. « Dans l'Acrocéraune, « le Pinde, les montagnes de Thessalie, telles que l'Olympe, et celles au S. E. du lac « d'Ochrida, le Buis (*Buxus sempervirens*) s'associe aux Pins ou précède cette zone, en « se tenant entre 2000 et 3000 p. ou même un peu au-delà; mais on ne voit point cet « arbrisseau en Bosnie, en Servie, dans le Balkan, ou même dans la Macédoine orientale. « Il atteint une hauteur assez grande, comme cela se voit encore dans l'Olympe, et ça et « là dans le Pinde; mais depuis qu' on en exporte beaucoup, les gros troncs diminuent (9) ».

In ogni modo, nell'antichità il bosso era molto utilizzato nell'industria e presso i romani anche nel giardinaggio. Teofrasto (10) e Plinio (11) principalmente ci fanno conoscere la distribuzione e gli usi cui quel legno serviva ai loro tempi; essi lo dicono indigeno della Grecia settentrionale (anche l'Acroceraunia era considerata in Grecia), della Macedonia, dell'Olimpo, nei quali paesi soggiungono, però, che raggiungeva soltanto grandezza media ed era nodoso e per l'una e l'altra ragione non veniva adoperato come quello dei monti di Citoro nella Paflagonia (12), della Berecinzia, della Frigia e dei Pirenei dove pare fosse eziandio allora molto abbondante e rinomato, sebbene il più noto fra tutte le varietà che si distinguevano fosse il bosso di Corsica (13). Oltre Teofrasto e Plinio, molti altri scrittori ricordano il bosso (14). Il Blumner ha trattato l'argomento con forte erudizione; tuttavia, gli è sfuggito il passo di Nicandro, che, appunto, forma oggetto di questa nota.

Il bosso si trova oggi nell'Acroceraunia soltanto nel versante settentrionale del passo di Logarà nel cui fondo passa la mulattiera della Himara: questa gola è circoscritta da N. a S. dai fianchi della Majethanasit e dipendenze (monte Atanassio; 1464 m.). Sen Ilia (Elias; 1497 m.), Dreri Rim (1343 m.) a ponente, e Chiore o Chiorre (2018 m.), Hon (1471 m.), Palisca (1405 m.) a levante. In tutti questi luoghi interni, il bosso concorre in gran copia a formare la boscaglia acroceraunica, la quale, come in Majethanasit, si presenta in parecchi punti densissima e quasi impenetrabile. Si trova anche allo stato sporadico nelle chine occidentali del Bregu i Detit (15), ossia nel versante del mare, a poca distanza dal Logarà, dove alligna stentamente sotto l'influenza degli alisei. L'antico suo nome greco, *πύξος*, bosso, è oggi cambiato in quello di *πυξάρι*. Il greco diede il latino *buxus*. Nell'attuale albanese la pianta si chiama *bush* o *bush*.

Per antichi diritti di usi civici, riconosciuti dalle consuetudini locali anche oggidì, le boscaglie a bosso appartengono in parte agli abitanti di Drimade (Himara) e a quelli di Ducati. I primi arrivano poco sotto il passo (versante settentrionale), mentre tutto il resto appartiene a Ducati; Bregu i Detit è naturalmente della Himara. Le aree spettanti agli uni e agli altri risultano discretamente stabilite, salvo, beninteso, le contestazioni inevitabili in un paese come l'Albania, dove, nei tempi andati, la proprietà subiva tante oscillazioni e tanti mutamenti secondo il capriccio della forza e della sorte. Nonostante, la giurisprudenza per il taglio dei boschi fra i due villaggi era riconosciuta dall'autorità ottomana che si contentava, quando poteva, di percepire i diritti forestali stabiliti dalla legge: però, anche in tempi recenti, le contestazioni portarono a gravi abusi che la nostra autorità potrà facilmente togliere, basandosi sui vecchi *tapì* del regime turco. Il bosso è stato eziandio causa di contese con spargimento di sangue.

Durante gli ultimi cinquant'anni del dominio turco, il bosso venne abbastanza largamente sfruttato nell'Acroceraunia seguendo le regole forestali; si tagliava per l'esportazione e anche per la lavorazione sul posto a scopo di speculazione e di commercio. Vi furono notabili albanesi che, calpestando gli usi civici e i diritti consuetudinari di Ducati e di Drimade, posero senza riguardo la scure per conto proprio nelle boscaglie di bosso e vi tolsero grosse quantità di legno da mandare in Germania, Inghilterra (dove era molto richiesto), in Italia ed altrove, distruggendo così quasi ad un tratto aree intere della pianta. Legnajuoli bulgari e valacchi delle regioni di Dibra e di Coritza lavorarono il legno sul posto in diverse riprese con quello di altre piante, ed io stesso notai la cosa durante le mie escursioni del 1892 nell'Acroceraunia: quei legnajuoli avevano anche impiantato una segheria che funzionava con la forza idrica della sorgente di Logarà, ora quasi perduta in seguito alla costruzione della strada nuova (16). Vi sono persone che ricordano come in un anno si esportasse in Germania per conto di una sola ditta tanto legno di bosso per 700 *megidiè* turchi (circa L. 3000): i legnajuoli di Dibra pagarono 100 *megidiè* (circa L. 450) per un anno col solo diritto di fare cucchiai e bastoni. I Corciani pagarono 200 *megidiè*, consegnando inoltre 400 tavole di pino per le chiese, col diritto di tagliare pure una certa quantità di bosso (17).

La grossezza del legno utilizzabile è in media di dieci o quindici centimetri di circonferenza, ma sono frequenti i tronchi con diametri di 10-12 centimetri e qualche volta di più. L'altezza media che raggiunge il bosso è di 2-3 metri. Come anticamente, anche oggi gli abitanti dell'Acroceraunia fanno col legno del bosso cucchiai, manichi di coltello, pettini, coppe, bastoni da pastore, secchie, flauti; di più pipe e bocchini (18). Con la corteccia si fanno alveari, abbastanza in uso presso i Himarioti e i Ducatioti e gli abitanti di altri villaggi acroceraunici, i quali da tempi immemorabili hanno in uso l'industria del miele.

Mentre Nicandro ricorda il bosso di Orico, si deve porre la questione: questa pianta allignava ai tempi del medico alessandrino anche intorno alla città e nell'agro dipendente, oppure, come sembra più naturale, era allora diffusa eziandio nei dossi interni dei monti dove si trovava certo in proporzioni molto maggiori di oggigiorno? La soluzione di questo problema è difficile, ma a me sembra più probabile che anche ai tempi greco-romani il bosso

dovesse tenere, all'incirca, l'altitudine che presentemente esso occupa sui monti e non scendere al livello del mare, presso o poco lungi da Orico. Nei tempi classici, l'attuale villaggio di Ducati non esisteva e tutto il paese fra Orico e Paleste era disabitato e costituiva, tanto di qua, quanto di là dal passo di Logarà, una regione selvatica e abbandonata compresa in gran parte nel territorio di Orico ed era percorsa dal ramo litoraneo della strada di traffico, la quale da Butroto (Butrinto) e Onchesmo (Santi Quaranta) veniva ad allacciarsi sopra Apollonia da una parte e Billi dall'altra e per altre città e castella meno note della regione fra il mare, l'Aoo e il Celidno (Suscitza), tutte città della Taulantia, oggi scomparse, o in rovina o ridotte a poveri villaggi insignificanti sorti da commistioni etniche inestricabili.

Indubbiamente, il territorio sul quale sorgeva Orico deve avere subìto qualche mutazione dai tempi classici nella parte occupata oggi dallo stagno di Pascià Liman. Una leggenda racconta: « In tempi lontani, sull'attuale lago di Pascià Liman sorgeva la città di origine « asiatica, che taluni credono fenicia, di Orico, della quale si intravedono ancora i ruderi « qua e là, nella melma del fondo. Dicesi che un terremoto (fenomeno di bradisismo nega- « tivo?) facesse sprofondare il suolo, formando la grande vallata nella cui depressione mag- « giore si raccolsero, come in un bacino, le acque defluenti dalle montagne. Così nacque « lo stagno che i turchi chiamarono Pascià Liman o Liman Padiscià e i marinai Porto « Raguseo o Porto Poglize (19) ».

Resta a vedere, comunque, se i mutamenti, cui la leggenda si riferisce rispondano al vero o possano collegarsi anche parzialmente più lontano che ai tempi stessi di Nicandro. Tutta l'Albania è piena di leggende; una ne corre abbastanza diffusa nel popolo di relazioni sotterranee fra lo stagno di Pascià Liman e il mare (20); un'altra leggenda riguarda le relazioni, pure sotterranee, fra le acque sorgive di Ujftoft (Crionero) e Nizvor o Izvor con il letto della Suscitza, attraverso voragini interne che la fantasia degli abitanti acroceraunici vede dentro la Lungara.

Io penso, piuttosto, a questo punto, lasciando ogni riserva geologica per la quale basta l'autorità del Martelli (21), che se il bosso arrivava ai tempi di Nicandro fino all'agro circostante ad Orico ed oggi la pianta si è ritirata da quei luoghi abbastanza lontano sui monti verso la linea di Ducati ed anche un poco a Sud del villaggio, ciò sia dovuto alla scure, la quale è stata fatale alla bella foresta acroceraunica settentrionale, molto più che il fuoco e l'abbandono degli abitanti. La distruzione dei boschi in quel territorio deve avere raggiunto in alcuni tempi, anche anteriormente a quanto si è detto, proporzioni favolose, forse ancora più gravi di quelle che abbiano prodotto i danni commessi recentemente da noi ed ai quali sarebbe provvidenziale porre prontamente riparo con una legge energica, per rispettare quel poco che avanza del classico bosso e degli alberi consoci di pino, abete, acero, faggio e via dicendo che con esso convivono.

Certo è che a monte di Pascià Liman fino oltre Ducati, il bosso non esiste più da gran tempo. Nessuno ricorda di averlo visto colà all'infuori che in cespugli miseri e rarissimi nella macchia mediterranea (22) che domina sovrana sul terreno a substrato calcare a rudiste e caprinidi; tanto meno deve essere entrato nella boscaglia intorno allo stagno dove

i terreni sono di formazione recente e allagati la maggior parte dell'anno (la stessa foresta di Valda sorge in mezzo a pantani con giuncheti e canneti che la rendono impenetrabile): là è il regno del frassino, dell'olmo, dell'ontano, del salice, del pioppo bianco e del sommacco la cui corteccia si usa per tingere tessuti. Il sommacco vive anche in questi terreni paludosi, talune aree dei quali si andavano, ad ogni modo, stabilendo fino dai tempi classici (23). I vecchi ricordano che quel bosco era molto più esteso e più fitto che al presente (anche là la scure ha tagliato più di quanto dovesse), ma nessuno vi sa indicare la presenza di bosso. I canti dicono poco (24) e le memorie del popolo non accennano a nulla di concreto in riguardo alla distribuzione del bosso nei tempi andati, ricordando però che la foresta acroceraunica doveva essere in passato grandiosa, molto più densa e vasta che l'attuale che noi andiamo distruggendo, e pur senza rimpiangere alcuna cosa, com'è sostume albanese, rammentano qualche nome dei distruttori.

Pare a me che sarebbe opera degna pubblicare un'ordinanza severa che ponga fine allo sterminio del bosso in Acroceraunia. Io ho visto con i miei occhi, durante l'occupazione, la distruzione vandalica che si fa senza motivo ragionevole di questa pianta preziosa tenuta dall'antichità fra le più reputate e che i romani avevano ammesso nei giardini delle loro case. La civiltà per la quale si lotta ora anche in Albania otterrà, spero, dopo le attuali devastazioni, che il bosso acroceraunico, di fama millennaria, venga preservato come monumento dalla furia della scure e del fuoco del nostro esercito.

# NOTE

(1) F. C. H. L. Pouqueville: Voyage de la Grèce, I, 3, 6, pag. 324-326: Paris, 1826.

(2) La prima interpretazione risponde più esattamente al concetto degli antichi geografi che eziandio i moderni seguono generalmente. Fra i recenti, cfr. in rapporto alla nota 5: A. Di Sangiuliano: Lettere dall'Albania; Roma, 1903.

(3) Tunc qui Dardaniam tenet Oricon. Luc. Phars. III, 187.

(4) *Ὥρικον λιμένα*, Herod. IX, 92: *Παράλιος πόλις*, Scymn. v. 440: *Λιμένα κάλει Ἠπείρου τὸν Ὡρίκιον ἐν τῇ Εὐρώτῃ*, Hecataeus apud Stephanum: Chaoniae civitas, Strab. VII, 316: Ptol. III 13: Pol. VII, 19, $2\frac{1}{4}$; *Ὥρικον*, Horicum, Oricum, Orcus, long. 45, lat. 39, 15: *Ὡρικίας αἴας* meminit Dyonys. Perieg v. 399; Tit. Liv. XXIV, 40: Plin. (eam Macedoniae attribuit) III, 23 (Oricum a Sallentino Italiae promunturio distat $\overline{\text{LXXX}}$): Dion. Hist. rom. XLI: celebratur a Virgilio, Aen. X, v. 136: Luc. III, 187. — Cfr. C. Patsch: Das Sandchak Berat in Albanien, K. Akademie der Wissensch. Schriften d. Balkancommission, Antiq. Abth., pag. 70: Wien, 1904.

(5) *Ὡρικίην θ' ὑπὲρ αἶαν ἐρείδεται Ἑλλάδος ἀρχή·* v. 399. Oriciumque super terram situm est Graeciae initium.

(6) Ut te felici praevecta Ceraunia remo
Accipiat placidis Oricos aequoribus. Prop. El. I, 8, 19

(7) Nicandro Ther. v. 509-516, dice, parlando dell'Aristolochia, che essa è simile per il colore al bosso di Orico:

*Ἤτοι ἀριστολόχεια, παλίσκιος ἐνδατέοιτο,*
*Φύλλα τε κισσήεντα περικλυμένοιο φέρουσα·*
*Ἄνθεα δ' ὑσγίνῳ ἐνερεύθεται· ἡ δέ οἱ ὀδμὴ*
*Σκίδναται ἐμβαρύθουσα· μέσον δ' ὣς ἀχράδα καρπὸν*
*Μυρτάδος ἐξ ὄχνης ἐπιόψεαι ἢ σύ γε βάκχης.*
*Ῥίζα δὲ θηλυτέρης μὲν ἐπιστρογγύλλεται ὄγκῳ,*
*Ἄρσενι δ' αὖ δολιχή τε καὶ ἂμ πυγόνος βάθος ἴσχει,*
*Πύξου δὲ χροιῇ προσαλίγκιος Ὡρικίοιο.*

Nicandro, medico greco di Colofone (anno di nascita e di morte incerto: pare morisse circa un secolo prima della nascita di Cristo) della scuola empirica, considerato fra i sommi naturalisti e medici dell'antichità e rinomato eziandio come grammatico e poeta, fu, secondo quanto si narra, sacer-

dote di Apollo a Claro nella Jonia. Egli si occupò molto di botanica e dell'arte dei Semplici, ossia, come si potrebbe dire oggigiorno, di materia medica e di farmacologia botanica: compose le sue opere in versi, ma disgraziatamente la maggior parte è andata perduta.

(8) H. Christ: Ueber das Vorkommen des Buchsbaum etc. in Verhandl. d. Naturforsch. Gesellsch. in Basel, Band XXIV, pag. 72–73 (1913)

(9) A. Boué: La Turquie d'Europe, I, pag. 418; Paris, 1840. Le esplorazioni recenti correggono Boué: cfr. L. Adamovich: Die Vegetationsformationen Ostserbien in Engler Bot. Jahrb. 26, 2, 163; Beck v. Mannagetta: Die Vegetationsverhaltnisse der illyrischen Länder; Leipzig, 1901; H. Christ: l. c.

(10) Theophrastus III, 15, 5.

(11) C. Plin. Nat. hist. XVI, 28, 16: « In primis vero materies honorata buxo est, raro crispanti, nec nisi radice; caetero lenis quies materiae, silentio quodam, et duritie, ac pallore commendabilis: in ipsa vero arbore topiario opere. Tria ejus genera: Gallicum, quod in metas emittitur, amplitudinemque proceriorem. Oleastrum in omni usu damnatum, gravem praefert odorem. Tertium genus nostrates vocant silvestre, ut credo, mitigatum satu: diffusius, et densitate parietum; virens semper, ac tonsile. Buxus Pyrenaeis, ac Cytoriis montibus plurima, et Berecynthio tractu; crassissima in Corsica, flore non spernendo; quae causa amaritudinis mellis Semen illius cunctis animantibus invisum. Haec in Olympo Macedoniae gracilior, sed brevis. Amat frigida, aprica. In igni quoque duritia, quae ferro, nec flamma, nec carbone utilis ». — Ed oltre a c. 52, 30: « Plurima vero buxus Nam et semen suum, et granum, quod crataegum vocant, et a septemtrione viscum, a meridie hyphear: de quibus plura mox paolo. Interdum pariter res quaternas habent Arbores quaedam simplices, quibus a radice caudex unus; et rami frequentes, ut olivae, fico, viti. Quaedam fruticosi generis, ut paliurus, myrtus, item nux avellana; quinimmo melior est et copiosior fructu, in plures dispersa ramos. In quibusdam omnino nullus, ut in suo genere buxo, loto transmarinae ».

(12) Et juvat nudantem buxo spectare Cytorum Naryciaeque picis lucos. Virg. Georg. II, 437.

(13) Gli usi del legno di bosso nell'antichità erano molti da quanto sappiamo: *a*) per connettere insieme membri architettonici internamente e per chiavi di volta; *b*) per mobili, specialmente letti o *κλίναι*; *c*) per oggetti e utensili, come gioghi di carri, impugnature di martelli, trapani, formelle per cacio, tavole per scrivere o per dipingere, carrette, chiamate *πυξίδες* (pissidi), giuochi per fanciulli, pettini, flauti, chiamati « buxa » dai romani, strumenti a corda e via dicendo. Infine si usava il bosso anche per statue. Di tutti questi usi pare che i più comuni fossero: 1) le tavolette per scrivere (*πυξίς, πυξίδιον* presso i greci), ricoperte di uno strato di cera (*tabulae ceratae* presso i romani) che diedero luogo alle parole *πυξογραφεῖον* e *tabula*; 2) stecche dei pittori per adoperare i colori; 3) specie di trottole (*turbo*), giuoco dei giovani romani; 4) diversi istrumenti a fiato, fra cui principalmente il flauto (*tibia*); 5) i pettini (*pecten*); 6) cassette o pissidi. Sarebbe lunga ed ardua fatica ricordare qui gli accenni che si riscontrano nei classici intorno al bosso; valgano i seguenti:

Cat. Dedicatio Phoseli IV, 13:

....et Cytore buscifer..

Virg. Aen. VII, 381:

. . . . stupet inscia turba
Impubesque manus, mirata volubile buxum.

Virg. Aen. IX, 619:

Tympana vox buxusque vocat Berecynthia matris
Idaeae..

Pers. III, 51:

Neu quis callidior buxum torquere flagello.

Prop. III, 230. 8: Vulgari buxo sordida cera fuit.

Ibid. IV, 8. 41: Nanus et ipse suos breviter concretus in artus,
Iactabat trauncas ad cava buxa manus.

Stat. Theb. II, 73:

. . . . Tyriis ea caussa colonis
Insomnem ludo certatim educere noctem
Suaserat; effusi passim per tecta, per agros,
Serta inter vacuosque mero crateras anhelum
Proflabant sub luce deum: tum plurima buxu
aeraque taurinos sonitu vincentia pulsus.

Ibid. VII, 168:

Adde, quod imbellis rarisque exercita castris
Turba mea acies, mea tantum praelia norunt,
Nectere fronde comas et ad inspirata rotari
Buxa; timent thyrsos nuptarum et praelia matrum.

Mart. Epigr. XIV, 25:

Pectines.
Quid faciet nullos hic inventura capillos
Multifido buxus quae tibi dente datur?

Claud. Raptus III, 130:

Si buxus inflare velim, ferale gemiscunt.

Juv. XIV, 190-194:

. . . . . Accipe ceras,
Scribe, puer, vigila, causas age, perlege rubras
Maiorum leges aut vitem posce libello.
Sed caput intactum buxo naresque pilosas
Annotet et grandes miretur Laelius alas.

Ovid. Fasti VI, 228-230:

Donec ab Iliaca placidus purgamina Vesta
Detulerit flavis in mare Thybris aquis;
Non mihi detonsa crinem depectere buxo,
Non ungues ferro subsecuisse licet;...

Ibid 697-698:

Prima terebrato per rara foramina buxo,
Ut daret, effeci, tibia longa sonos.

Ibid. Ex Ponto I, 45:

En, ego pro sistro Phrygiique foramine buxi
Gentis Iuleae nomina sancta fero.

Ibid Metam. XIV, 535-537:

Cum memor has pinus Idaeo vertice caesas
Sancta deum genitrix tinnitibus aêra pulsi
Aeris et inflati complevit murmure buxi.

Ibid. IV, 310-311:

Sed modo fonte suo formosos perluit artus,
Saepe Cytoriaco deducit pectine crines.

Hor. Serm. I, 1, 70:

...congestis undique saccis
Indormis inhians et tanquam parcere sacris
Cogeris aut pictis tanquam gaudere tabellis.

Hor Serm. I, 6, 74:

...qui macro pauper agello
Noluit in Flavi ludum me mittere, magni,
Quo pueri magnis e centurionibus orti
Laevo suspensi loculos tabulamque lacerto,
Ibant octonis referentes Idibus aera.

Vitr. De architectura VII, 3: Cum ergo camerarum postulabitur ratio, sic erit faciundum. Asseres directi disponantur inter se ne plus spatium habentes pedes binos, et hi maxime cupressei, quod abiegnei ab carie et ab vetustate celeriter vitiantur. Hique asseres, cum ad formam circinationis fuerint distributi, catenis ad contignationes, sive tecta erunt, crebriter clavis ferreis fixi religentur. Eaeque catenae ex ea materia comparentur, cui nec caries nec vetustas nec umor possit nocere, id est e buxo, iunipero, olea, robore, cupresso ceterisque similibus praeter quercum cum ea se torquendo rimas faciat quibus inest operibus...

Hom. Iliad. XXIV, 265-270:

*Ὣς ἔφαθ', οἱ δ' ἄρα πατρὸς ὑποδδείσαντες ὁμοκλήν,*
*ἐκ μὲν ἄμαξαν ἄειραν εὐτροχον ἡμιονείην,*
*καλὴν, πρωτοπαγέα πείρινθα δὲ δῆσαν ἐπ' αὐτῆς,*
*κὰδ δ' ἀπὸ πασσαλόφι ζυγὸν ἧρεον ἡμιόνειον,*
*πύξινον, ὀμφαλόεν, εὖ οἰήκεσσιν ἀρηρός,*
*ἐκ δ' ἔφερον ζυγόδεσμον ἅμα ζυγῷ ἐννεάπηχυ.*

Luc. Asin, 14: *ἡ δὲ ἀμφοτέραις ταῖς χερσὶ τυψαμένη τὸ πρόσωπον, τάλαινα, εἶπεν, ἐγώ, μέγα εἴργασμαι κακόν, σπεύσασα γὰρ ἥμαρτον ἐν τῇ ὁμοιότητι τῶν πυζίδων καὶ ἄλλην ἔλαβον οὐχὶ τήν τὰ πτερὰ φύουσαν . . .*

(14) Blümner: Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei dem Griechen und Römern, II, pag. 252-254, 1879. — Cfr. Dictionnaire der antiquités grecques et romaines .. sous la direction de MM. Ch. Daremberg, Ed. Saglio, I, pag. 756; Paris, 1877.

(15) A. Baldacci: Memorie della Società Geografica italiana, 1896, pag. 404 (pag. 65 dell'estratto); Bollettino della Società Geografica italiana, pag. 685 (1900); Rivista della Collezione botanica fatta nel 1892 in Albania, pag. 71; Genova, Malpighia, 1894: cfr. anche: Itinerari Albanesi, pag. 85 e 152; Roma, 1917.

(16) A. Baldacci: Itinerari albanesi, pag. 151; Roma, 1917.

(17) Notizie raccolte in parte direttamente in Himara e a Ducati e in parte avute dal prof. Mingas di Vallona.

(18) Pouqueville: L. c. in nota: « C' est de là qu' on tire le buis qu' emploient les tourneurs de l' Albanie... »

(19) C. Patsch: L. c.

(20) A. Martelli in litt. « Tu sai quanto la fantasia dei più incolti Albanesi si sbizzarrisca nell'ampliare ogni fenomeno che attrae la loro attenzione; la tendenza ad esagerare le impressioni di ogni fatto naturale è appunto una precipua qualità delle menti orientali. meno evolute

Anche a me, durante le mie escursioni nei dintorni di Vallona, i pastori della Lungara e della Himara, indicavano le frequenti caverne e le profonde fenditure delle formazioni calcaree come paurosi abissi inesplorabili e infiniti; ma non mi sembra che alcuno affacciasse l'ipotesi o ripetesse la supposizione di comunicazioni fra il lago di Pascialiman e il mare oltre il Caraburun... Molte volte, sia pure in germe, le tradizioni locali hanno in sè delle verità che solo col tempo si possono sviluppare e conoscere, e certamente la pretesa comunicazione può essere stata suggerita alle menti degli indigeni dalla frequenza di grotte e caverne in tutta la regione calcarea acrocerauna. Tu sai che nelle masse calcaree della regione dinarico-albanese, le acque di pioggia e superficiali, che scompaiono nell'interno attraverso alle fratture e alle doline, ritornano all'esterno dopo un capriccioso percorso sotterraneo fra le discontinuità e le grotte, dapprima favorite dalle azioni meccaniche derivanti dalla orogenesi e poi ampliate anche dall'azione erosiva e chimica delle acque stesse.

Mi sembrerebbe per altro più attendibile un'asserzione che sostenesse la possibile comunicazione fra la costa e l'interno della baia di Vallona attraverso irregolari cavità sotterranee, che non fra il lago di Pascialiman e il mare aperto. Invero, la depressione del Caraburun fra Ravena e Vasilio è così ristretta in superficie che non sorprenderebbe molto l'esistenza di fenditure irregolari; ma continue o comunicanti, a mezzo delle quali fosse possibile un rapporto sotterraneo fra le due coste. Anzi, se si pensa che, mentre nel Caraburun cambia di frequente la inclinazione stratigrafica delle formazioni, proprio fra Ravena e Vasilio dovrebbe passare l'asse di una piega anticlinale, non sarebbe impossibile l'esistenza di una cavità irregolarmente prolungata in corrispondenza del nucleo della piega calcarea; ma ammesso anche ciò come possibile in linea di massima, male potrebbe sostenersi pel caso particolare perchè l'entità del fenomeno carsico è nel Caraburun molto ridotto, nè le condizioni stratigrafiche del calcare, ovunque dislocato e inclinato, faciliterebbe l'esistenza di caverne praticabili, e solo, tutt'al più, una circolazione delle acque di pioggia e, direttamente, marine.

Con maggiore sicurezza si può invece escludere l'esistenza di comunicazioni fra il lago anzidetto e il mare Jonio. Tutta la pianura di Pascialiman è acquitrinosa perchè ha un fondo impermeabile determinato sia dai prodotti argillosi derivanti dal disfacimento superficiale dei calcari circostanti, sia dai materiali che costituiscono le collinette arenacee e marno-argillose attorno a Pascialiman stesso. La natura calcarea del sottosuolo profondo non impedisce l'esistenza di terreni paludosi di Pascialiman, appunto perchè sul calcare di per sè stesso idrivoro e cavernoso, incombono i rilevanti depositi argillosi impermeabili del terziario, i quali, oltre a ricolmare il fondo della conca, obliterano pure le beanti fratture dei calcari sottostanti. In altri termini, il fondo immediato del bacino di Pascialiman è arenaceo argilloso come le collinette vicine e viene poi ulteriormente ricoperto di materiali argillosi di disfacimento ed impermeabili. Per le stesse ragioni, per cui le acque vengono così trattenute sul fondo del bacino, è certo che esse nemmeno possono pervenirvi dal sottosuolo, tanto più che in linea di principio sarebbero sempre le acque del continente che scenderebbero verso il mare — loro naturale livello di base — e non viceversa.

(21) A. Martelli: Osservazioni geologiche sugli Acrocerauni e sui dintorni di Vallona in Memorie della R. Accademia dei Lincei, serie 5, vol. IX (1912).

(22) Oggi il bosso scende dall'Acroceraunia fino a mezz'ora circa di strada da Ducati.

(23) A proposito del sommacco, le donne valacche della regione di Colonia usano anche oggi, come nell'antichità, la corteccia per tingere gli indumenti; questo impiego è similmente diffuso fra le Valacche della pianura del Musachià che emigrano nell'estate sul Grammo per la transumanza

(24) I canti e le tradizioni sul bosso sono scarsissimi e inconcludenti. Una nenia che ho sentito a Ducati è la seguente segnalatami pure dal prof Mingas:

« O Koçi Sinan luléja
Ku do gjendet kopéja?
Mbushur *bushe*, mbushur bredha
Në mëris këndon qyqéja ».

« O Koçi Sinan, o fiore, dove si troverà il gregge? Pien di bosso, pien d'abeti, al rezzo canta la civetta ».

# SUL COMPORTAMENTO DELL' AMMONIACA NELL' ORGANISMO

MEMORIA

DEL

**Prof. LODOVICO BECCARI**

letta nella Sessione del 7 Maggio 1917.

## I.

*Metodo per la determinazione degli equivalenti acidi e basici dell' orina.*

I rapporti fra la secrezione urinaria dell' ammoniaca e la eliminazione degli acidi sono ormai bene stabiliti, e in una nota precedente (1), riferendo ulteriori risultati sull' argomento relativi agli erbivori, ho brevemente riassunto i dati e le questioni, che si riferiscono a questo importante capitolo del ricambio. Nel presente lavoro ho tentato di precisare meglio alcuni punti nell' intento di penetrare più addentro nel meccanismo di questo processo, assai più complesso di quanto possa apparire nel suo aspetto generale.

Come ho già asserito, l' elemento essenziale, che regola tale rapporto, deve risiedere nelle diverse condizioni di equilibrio dei gruppi basici ed acidi contenuti nel sangue, che circola nel rene; e l' indagine diretta su questo punto sarebbe la più propria a portar luce sull' argomento, se essa non fosse più di ogni altra ardua per difficoltà tecniche e sperimentali. Ma anche lo studio dell' orina serve, sebbene meno direttamente, a indagare il fenomeno: dagli effetti, che in essa possiamo riscontrare con l' analisi, tentiamo di risalire alle cause, che regolano l' escrezione dei vari componenti. È logico pensare, che una conoscenza completa ed esatta dei rapporti fra i vari gruppi acidi e basici dell' orina e dei loro cangiamenti a seconda di diverse circostanze potrebbe essere di grande aiuto, ed io ho cercato di recare un qualche contributo a questa ricerca.

I metodi ordinari di titolazione della reazione orinaria, com' è ben noto, non danno risultati attendibili per tali questioni. È necessario conoscere con precisione la somma delle valenze acide libere, appartenenti in massima parte ai fosfati o ad altri sali acidi del-

(1) Sulla eliminazione dell' ammoniaca nei grossi erbivori. Mem. R. Acc. d. Scienze dell' Istituto Bologna 1917, pag. 253.

l'orina, per stabilire con esattezza quali rapporti esse abbiano con l'ammoniaca, che si rinviene nell'orina. Ora il metodo proposto già da Maly e da Hofmann (1) risponderebbe perfettamente allo scopo, se esso non avesse in sè cause di errori così gravi, che l'hanno fatto bandire dall'uso. Com'è noto questo metodo si basa sul seguente principio: se ad una soluzione contenente fosfati mono- e bi-acidi si aggiunge una soluzione titolata di soda caustica in lieve eccesso, tali fosfati vengono convertiti in sali neutri (cioè trimetallici, detti comunemente basici o normali); aggiungendo allora una soluzione perfettamente neutra di $BaCl_2$ in quantità sufficiente, tutto l'acido fosforico viene precipitato come fosfato di bario; nel filtrato si titola la soda, che ancora vi resta di quella primitivamente aggiunta, e la diminuzione, che si riscontra, corrisponde alla quantità di soda ch'è stata necessaria a trasformare i fosfati mono- e bi-acidi in fosfati normali, cioè ci dà la misura della somma degli atomi d'idrogeno ancora sostituibili con elementi metallici. Conoscendo poi la quantità complessiva di acido fosforico della soluzione si può facilmente calcolare la quantità del fosfato biacido, che è quello che impartisce la reazione acida all'orina.

Senonchè Lieblein (2) ha fatto conoscere l'errore grave, che intacca questo metodo, dimostrando, che quando si aggiunge il cloruro di bario ad una soluzione alcalina di fosfati non precipita soltanto il fosfato di bario normale, $Ba_3(PO_4)_2$, come teoricamente si ammette, ma si forma pure fosfato basico contenente maggiore quantità di barite, come il seguente $2Ba_3(PO_4).Ba(OH)_2$. Per tal modo viene fissata una quantità di alcali superiore e si ottengono valori più alti per il fosfato acido. L'errore varia notevolmente da caso a caso e probabilmente sta in rapporto con le proporzioni diverse di barite, che viene fissata nei fosfati basici precipitati; di questo ho potuto accertarmi con molte prove variate e diligenti su soluzioni titolate e nelle quali gli errori variarono da un minimo di 3,6 ad un massimo di 33 e più per 100.

Per tali ragioni il Lieblein consiglia di determinare direttamente il fosfato biacido col metodo di Freund (3); anche questo metodo presenta alcune cause d'errore, che però sono abbastanza costanti e possono permettere una correzione. Il fosfato biacido ci dà così una misura più fedele della acidità dell'orina.

Ma io ritengo, che riescirebbe più utile la misura della totalità degli equivalenti acidi dell'orina (fosfati mono- e biacidi, urati acidi ecc.) come appunto teoricamente dovrebbe fornire il metodo di Maly. L'importanza di questo è tale, che mi è parso utile tentare di eliminarne le cause di errore.

La modificazione, che ho adottato e che mi ha dato buoni risultati, è basata sul fatto seguente: In una soluzione di fosfato monoacido, il $BaCl_2$ forma un precipitato di fosfato monoacido di bario, ma contemporaneamente in piccola parte si forma anche fosfato di bario normale (trimetallico) insolubile e fosfato biacido di bario, che resta in soluzione e che dà reazione acida al liquido. Infatti, mentre la soluzione di fosfato bisodico si colora

(1) R. Maly. Zeischr. f. an. Ch. Bd. 15 — F. Hofmann. Arch. f. Heilk. Bd. 17.
(2) V. Lieblein. Zeitsch. f. physiol. Ch. Bd. 20, pag. 68, 1894.
(3) Cbl. f. med. Wiss. 1892, pag. 689. Cfr. Neubauer e Vogel.Analyse d. Harns, 1898, pag. 733.

lievemente con la fenolftaleina, appena aggiunto il $BaCl_2$ la colorazione scompare. Ho osservato, che se ad una simile mescolanza si aggiunge piccola quantità di soda caustica fino a fare riapparire la colorazione rosea, questa, agitando, tosto scompare, cioè si ripete la trasformazione parziale del fosfato monoacido in fosfato normale e fosfato biacido; e questo fatto si rinnova ad ogni cauta aggiunta di soda caustica, finchè tutto il fosfato sia convertito in sale trimetallico o normale; allora la colorazione della fenolftaleina diviene persistente per il minimo eccesso di soda caustica. È possibile in questo modo precipitare tutto l'acido fosforico allo stato di fosfato di bario normale evitando la formazione di fosfati basici.

Ho modificato perciò il metodo Maly nel modo seguente: In un matraccio tarato da 100 cc., a 50 cc. di orina si aggiungono 20 cc. di soluzione satura di $BaCl_2$ e una goccia di soluzione alcoolica di fenolftaleina; indi da una buretta graduata si fa cadere, a piccole porzioni, una soluzione $\frac{n}{10}$ di soda caustica pura, agitando vivamente, finchè si ottenga il più leggero colorito roseo persistente anche dopo qualche minuto. Si porta a 100 cc. il volume con acqua, si mescola e si filtra tosto per carta asciutta; su di una parte aliquota del filtrato si determina l'eccesso di soda caustica presente, e per differenza la quantità di essa fissata dai sali mono- e bi- acidi.

Ricerche su soluzioni titolate di fosfati mi hanno sempre fornito valori esattamente corrispondenti a quelli calcolati.

L'esattezza del metodo dipende principalmente dalla precisione del dosamento della soda caustica residua nel filtrato; e poichè i metodi acidimetrici con gli ordinari indicatori danno risultati assai incerti su liquidi come l'orina, così per questo dosamento ho avuto ricorso ad un metodo indiretto molto più sicuro. Esso consiste nell'aggiungere alla soluzione alcalina da titolarsi una quantità sufficiente di solfato o cloruro di ammonio puro e nel determinare l'ammoniaca, che si mette in libertà in ragione degli alcali fissi presenti; la determinazione dell'ammoniaca venne sempre fatta con la distillazione nel vuoto e la titolazione jodometrica. In questo modo si hanno risultati veramente sicuri e precisi.

Nell'applicazione di questo metodo ho potuto inoltre osservare l'influenza di altre circostanze, che possono alterare i risultati.

Una delle più importanti e frequenti è data dalla presenza di acido carbonico (sia libero che combinato), poichè, in tal caso, come è tosto evidente, in presenza di cloruro di bario e di soda caustica si formerà carbonato di bario insolubile, e verrà così sottratta una corrispondente quantità di alcali, riferita poi erroneamente a residui acidi fissi (ac. fosforico, urico ecc.). Talchè un'orina contenente carbonati o bicarbonati (e quindi con funzione alcalina più o meno spiccata) potrà risultare anche neutra o persino acida.

Infatti se si considerano le due equazioni seguenti:

$$(1)\quad Na_2CO_3 + BaCl_2 + 2NaOH = BaCO_3 + 2NaCl + 2NaOH$$

$$(2)\quad NaHCO_3 + BaCl_2 + NaOH = BaCO_3 + 2NaCl + H_2O$$

si vede, che in presenza di carbonato sodico (1) questo viene integralmente trasformato in carbonato di bario e quindi viene eliminata la sua funzione alcalina, mentre l'alcali libero aggiunto (soda caustica) compare integralmente nel filtrato: la soluzione primitiva (che aveva proprietà alcaline) risulterebbe *neutra*. Nel caso di un bicarbonato (2) poi si vede, che per la formazione del carbonato di bario non solo viene eliminata la funzione alcalina del bicarbonato ma viene anche fissato un equivalente di soda caustica, sì che la soluzione primitivamente alcalina risulterebbe *acida*.

In se stesse queste reazioni non sono causa di errore, poichè stechiometricamente considerati il carbonato di sodio e il bicarbonato di sodio sono appunto sali rispettivamente *neutro* e *acido*. Così si dica per il $CO_2$ libero, che dà un *acido bibasico*. Il metodo anzi è, sotto questo aspetto, esattissimo perchè serve a dosarli. Ma nell'organismo animale i carbonati e i bicarbonati funzionano per la loro alcalinità potenziale in luogo degli alcali veri e propri, che non vi potrebbero esistere liberi; e nei rapporti con i radicali acidi fissi del corpo essi rappresentano altrettanti equivalenti alcalini. Perciò il metodo descritto ci indurrebbe in errore, poichè le quantità di barite fissate dagli equivalenti dell'acido carbonico sarebbero riferite ad equivalenti di acidi fissi, che soli abbiamo necessità di conoscere.

Conviene quindi eliminare l'anidride carbonica (libera o combinata) dall'orina prima di eseguire il dosamento della reazione col metodo di Maly. Per evitare il riscaldamento, che potrebbe causare alterazioni dell'orina, io procedo nel modo seguente: ad un volume noto (50 cc.) di orina aggiungo una determinata quantità di soluzione $\frac{n}{10}$ di *HCl* sino a dare una reazione acida spiccata, indi pongo la miscela sotto una campana in presenza di soda o potassa caustica solida e pratico il vuoto; dopo qualche ora tutto l'acido carbonico è stato eliminato. Nel dosamento susseguente col $BaCl_2$ e la soluzione $\frac{n}{10}$ di *NaOH* la quantità di *HCl* aggiunta viene detratta nel calcolo della soda saturata.

Anche nell'orina acida si trova sempre una piccola quantità di $CO_2$, sia disciolto sia come bicarbonato (Lieblein, l. c.), talchè è necessario eliminarla per avere risultati precisi. Riporto qualche esempio di analisi comparative prima e dopo la eliminazione dell'acido carbonico.

*Orina umana.* — Orina della notte di reazione *acida* spiccata.

La determinazione degli equivalenti acidi eseguita col metodo Maly modificato, dopo eliminazione dell'acido carbonico, ha dato *gr. eq.* 0,0571 per 1000 (= gr. 2,284 *NaOH*); la stessa determinazione fatta senza eliminazione dell'acido carbonico ha dato *gr. eq.* 0,0634 p. 1000 (= *gr.* 2,538 *NaOH*), cioè un eccesso di *gr. eq.* 0,0063 (= *gr.* 0,254 di *NaOH*), differenza non indifferente.

Come è noto l'acido carbonico combinato cresce nell'orina col divenire questa neutra e alcalina, perciò l'importanza della correzione diviene in questi casi sempre maggiore, anzi indispensabile per evitare errori gravissimi. Riferisco due esempi:

*Orina di Cavallo.* — Apparisce *neutra* al tornasole, ma per aggiunta di *HCl* e riscaldamento svolge bolle di gas.

La determinazione degli equivalenti acidi eseguita senza eliminazione dell' acido carbonico corrispondeva ad orina *acida* con *gr. eq.* 0,0219 per 1000 (= *gr.* 0,876 *NaOH*); invece dopo eliminazione dell' acido carbonico la stessa orina risultò in realtà lievemente *alcalina* con *gr. eq.* 0,00335 (= gr. 0,134 *NaOH*). Si ebbe cioè la notevole differenza di 0,0252 *gr. eq.* (= *gr.* 1,010 *NaOH*) dovuto alla presenza di carbonati e bicarbonati.

*Orina umana.* — Raccolta circa un' ora dopo l' introduzione di alcuni grammi di bicarbonato di sodio. *Alcalina*, reagisce anfotera al tornasole; con *HCl* svolge bollicine di gas.

La determinazione degli equivalenti acidi o basici col metodo indicato dopo eliminazione di tutto l' acido carbonico dimostrò, che l' orina era *alcalina*, e che tale *alcalinità* corrispondeva a *gr. eq.* 0,0471 (= *gr.* 1,884 *NaOH*) per 1000. La stessa determinazione fatta senza eliminazione dell' acido carbonico combinato faceva al contrario apparire *acida* l' orina e dava una *acidità* di *gr. eq. 0,0478* (= *gr.* 1,914 *NaOH*) per 1000.

Questo risultato è molto interessante, poichè, come si vede, le due determinazioni hanno dato *pressochè la stessa cifra* in *gr. eq.* ma nell' un caso *acidi*, nell' altro *basici.* La cosa è facilmente spiegabile quando si conderi la formola (2) sopra riferita, che indica il modo di comportarsi dei bicarbonati alcalini col $BaCl_2$ e la *NaOH*; ogni molecola di bicarbonato si comporta o come un equivalente basico o come un equivalente acido a seconda del metodo di determinazione; col primo metodo esso funziona come alcali, col secondo come acido e perciò il risultato presente dimostra che in quella orina la reazione era quasi esclusivamente determinata da bicarbonato.

Il metodo, che ho cosí descritto in tutti i suoi particolari, è il solo quindi che possa fornirci, con l' approssimazione massima, la somma degli equivalenti acidi o basici dell' orina. Quindi esso può essere impiegato utilmente anche nel dosamento dell' alcalinità delle orine. Per le orine acide poi, tolte le cause di errore del primitivo metodo di Maly, noi possiamo sempre calcolare l' acidità reale o effettiva dell' orina, cioè quella dovuta ai *fosfati biacidi*, determinando contemporaneamente l' *anidride fosforica totale* dell' orina con un metodo abbastanza esatto.

Ma per la questione, che riguarda il meccanismo di eliminazione dell' $NH_3$, non credo che basti determinare, come si è fatto dai più, la così detta acidità reale, dovuta ai fosfati biacidi, ma bensì credo che occorra tener calcolo di tutti gli equivalenti acidi o basici dell' orina per potere valutare i possibili rapporti fra i diversi componenti, che studiamo. Il fosfato monoacido, che pure ha debole reazione alcalina, concorre esso pure col suo idrogeno acido a costituire quella somma di equivalenti, che possono spiegarci le variazioni dell' ammoniaca e di altri componenti dell' orina. Perciò ho tenuto conto anche di esso e nelle ricerche, che fanno seguito, la reazione dell' orina esprime sempre la somma totale degli equivalenti acidi o basici determinata col metodo descritto. Come si vedrà, i risultati per ora non sono ancora tali da chiarire la questione nel suo complesso meccanismo. In compenso ho potuto dimostrare o precisare meglio altri fatti non privi d' interesse.

## II.

### *Rapporti dell' ammoniaca e dell' acido fosforico con gli equivalenti acidi dell' orina.*

Le numerose ricerche eseguite nell' uomo hanno senza dubbio dimostrato un certo parallelismo fra l' acidità dell' orina e la escrezione di ammoniaca ed anche di acido fosfo-

rico; esse si riferiscono per lo più alle orine delle 24 ore. Per chiarire i rapporti, che determinano tale parallelismo, importa specialmente stabilire quali variazioni presentano i diversi componenti quando vari l'elemento a cui li riferiamo (reazione dell'orina o meglio escrezione di equivalenti acidi). Ora in un lungo periodo, quale è quello di 24 ore, le singole variazioni possono in qualche modo compensarsi e sfuggire alla nostra osservazione. Bisognerebbe potere cogliere i rapporti dei vari elementi nell'atto stesso della secrezione e seguirne le modificazioni successive; allora soltanto potremmo avere una conoscenza esatta e sicura dei reali rapporti quantitativi, che legano fra loro tali elementi nel processo secretivo. Non potendo fare ciò, ho cercato di avvicinarmi a tale scopo esaminando la composizione delle orine di un uomo sano in vari periodi successivi della giornata, per osservare le oscillazioni e i reciproci rapporti dei componenti, che ci interessano. Per potere poi confrontare fra loro le singole quantità dei diversi componenti, che consideriamo solo sotto l'aspetto della reazione dell'orina, cioè come elementi capaci di saturare valenze acide ($NH_3$) o basiche ($P_2O_5$), ho calcolato sempre dai valori quantitativi assoluti le quantità equivalenti esprimendole in *grammi — equivalenti per 1000.* In tal modo si possono subito confrontare i valori ottenuti per la reazione (che viene espressa in *gr.* di *NaOH* per 1000) con quelli riguardanti l'$NH_3$ o l'$P_2O_5$; si può tosto stabilire, ad es:, se l'$NH_3$ trovata potrebbe saturare tutte le valenze dell'acido fosforico e soltanto quelle dei fosfati mono- o bi- acidi; e via dicendo.

Raccolgo nella seguente tabella i risultati relativi ad alcune di tali ricerche:

I.

**Tabella I.**

| Periodo | P. s. | Reazione al tornasole | Acidità in gr. *NaOH* p. 1000 | $NH_3$ p. 1000 | Az. tot. p. 1000 | Az. ammon. p. % di az. tot. | $P_2O_5$ p. 1000 | Grammi — equivalenti per 1000, di | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Acidi | Alcali | $NH_3$ | $H_3PO_4$ | $M_2HPO_4$ | $MH_2PO_4$ |
| Dalle ore 23 alle 8 | 1024, 4 | Acida | gr. 2, 81 | gr. 1, 524 | gr. 15, 02 | 8, 360 | gr. 3, 383 | 0, 0702 | — | 0, 0896 | 0, 1429 | 0, 0476 | 0, 0952 |
| 8 — 12 | 1017, 2 | » | 0, 302 | 0, 421 | 6, 301 | 5, 51 | 0, 322 | 0, 0075 | — | 0, 0247 | 0, 0136 | 0, 0045 | 0, 0090 |
| 12 — 15 | 1024, 0 | » | 1, 362 | 0, 707 | 9, 085 | 6, 41 | 1, 208 | 0, 0340 | — | 0, 0415 | 0, 0510 | 0, 0170 | 0, 0340 |
| 15 — 18 | 1025 | » | 0, 650 | 0, 387 | 8, 864 | 3, 601 | 1, 503 | 0, 0162 | — | 0 ,0227 | 0, 0635 | 0, 0211 | 0, 0423 |
| 18 — 23 | 1024 | » | 1, 962 | 0, 681 | 9, 42 | 5, 96 | 2, 040 | 0, 0490 | — | 0, 0400 | 0, 0861 | 0, 0287 | 0, 0574 |
| | | | | | | II. | | | | | | | |
| 7 — 10 | 1023 | » | 1, 004 | 0, 790 | — | — | 0, 912 | 0, 0251 | — | 0, 0464 | 0, 0385 | 0, 0128 | 0, 0256 |
| 10 — 12 | 1024 | » | 0, 872 | 0, 539 | — | — | 0, 805 | 0, 0218 | — | 0, 0317 | 0, 0340 | 0, 0113 | 0, 0226 |
| | | | | | | III. | | | | | | | |
| 23 — 8 | 1025 | » | 3, 088 | 1, 327 | — | — | 1, 543 | 0, 0772 | — | 0, 0780 | 0, 0652 | 0, 0217 | 0, 0434 |
| 8 — 10 | 1021 | » | 0, 428 | 0, 319 | - | — | 0, 465 | 0, 0107 | — | 0, 0187 | 0, 0196 | 0, 0065 | 0, 0131 |
| 10 — 12 | 1019 | » | 0, 515 | 0, 309 | — | — | 0, 250 | 0, 0128 | — | 0, 0182 | 0, 0105 | 0, 0035 | 0, 0070 |

Dall' esame dei dati precedenti risulta anzitutto confermato quel parallelismo fra le variazioni dell' acidità dell' orina e la eliminazione dell' $NH_3$ e dell' $P_2O_5$, che era già conosciuto per le analisi complessive delle orine di 24 ore; tale parallelismo si conserva nei diversi periodi della secrezione orinaria, poichè le variazioni dei singoli componenti avvengono sempre nello stesso senso, cioè in aumento o in diminuzione. Tuttavia sarebbe estremamente difficile asserire, che esista un rapporto preciso e costante fra tali variazioni. Anzi si può notare una maggiore irregolarità di quella, che suole riscontrarsi nelle cifre complessive di cicli periodici più ampi, come quello di 24 ore.

Evidentemente qui devono concorrere altri elementi, che non appariscono nelle nostre analisi e che sarebbe utile studiare, cioè quelli riguardanti gli altri equivalenti basici (alcali fissi) ed acidi (altri acidi minerali ed acidi organici).

In secondo luogo possiamo riconoscere, che gli equivalenti relativi all' acido fosforico ed anche al solo fosfato biacido sempre superano o eguagliano la somma degli equivalenti acidi liberi dell' orina (acidità totale), onde questa può sempre essere espressa da una miscela di fosfati primari e secondari. Talchè se consideriamo la sola somma degli equivalenti acidi dell' orina come la misura esatta della escrezione acida dell' organismo, possiamo dire, che questa verrebbe sempre a verificarsi mediante una escrezione di acido fosforico più o meno saturato da equivalenti basici (fosfati primari e secondari). Quanto alla presenza dell' ammoniaca, si potrebbe pensare che essa fosse appunto l' *equivalente basico* impiegato dall' organismo nella saturazione parziale dell' acido fosforico destinato all' escrezione acida in sostituzione degli alcali fissi insufficienti a saturare tutte le valenze acide libere. Ciò è probabilissimo, ma si deve riconoscere però, che sovente l' $NH_3$ si trova in quantità superiore al rapporto qui ammesso, cioè superiore alla differenza fra gli equivalenti acidi liberi dell' orina e quelli relativi all' acido fosforico totale; onde siamo costretti ad ammettere, che la funzione saturante dell' $NH_3$ si estenda anche ad altri equivalenti acidi eliminati con l' orina.

Infatti, in armonia con tale concetto, la misura della escrezione acida dell' organismo deve piuttosto essere espressa dalla somma degli equivalenti acidi (liberi) e degli equivalenti di $NH_3$ (equivalenti acidi saturati da $NH_3$). Se ora si confronta tale somma con gli equivalenti relativi all' acido fosforico totale, come bene risulta dal seguente specchietto, si nota, che la prima per lo più è superiore, e solo in rari casi è pressochè eguale; anche più raramente si ha il rapporto inverso.

| *Gr. — equivalenti* acidi + $NH_3$ | *Gr. — equivalenti* $H_3PO_4$ |
|---|---|
| I. | |
| 0,1698 . . . . . | 0,1429 |
| 0,0322 . . . . . | 0,0136 |
| 0,0755 . . . . . | 0,0510 |

0,0389 . . . . . 0,0635
0,0890 . . . . . 0,0861

II.

0,0715 . . . . . ; . . . . 0,0385
0,0535 . . . . . 0,0340

III.

0,1552 . . . . . 0,0652
0,0244 . . . . . 0,0196
0,0310 . . . . . 0,0105

Come ho già accennato, coi dati attuali non è per ora possibile penetrare più profondamente in questo delicato meccanismo di rapporti. Ma credo, che l'indirizzo da me seguito, esteso anche ad altri componenti dell'orina, sia per recare maggior luce alla questione.

III.

*Reazione dell' orina ed eliminazione della $NH_3$ e della $P_2O_5$ negli erbivori (cavallo).*

Negli erbivori puri (bovini, equini), come esposi nella nota citata (1), l'orina ha intensa reazione alcalina e contiene solo tracce di $NH_3$. Inoltre ho potuto con ripetute osservazioni constatare, che in essa *manca totalmente o quasi l' anidride fosforica.* Richiamandomi alla vecchia asserzione di Salkowski (1871-73), che negli erbivori l'introduzione di acidi non determina un aumento dell'ammoniaca dell'orina, ed alle contrarie osservazioni di Winterberg (1898) e di Eppinger (1906) sul coniglio, ho voluto studiare nel cavallo quali modificazioni si presentano nella escrezione orinaria della $NH_3$ e della $P_2O_5$ quando venga a modificarsi la reazione dell'orina preferibilmente con mezzi fisiologici, cioè con una modificazione del regime.

È noto infatti, che alimentando il cavallo esclusivamente con avena la reazione dell'orina, di alcalina, si fa acida.

Devo alla cortesia dell'amico prof. Baldoni, direttore di questa Clinica chirurgica veterinaria, di avere potuto compiere tali ricerche, che, come si vedrà, mi hanno dato risultati molto interessanti.

Le esperienze furono eseguite su di un robusto cavallo sano, convalescente per una malattia chirurgica di un arto. Esso era abitualmente alimentato a fieno e paglia; dopo

(1) v. s.

il primo giorno di esperienza esso venne posto a regime puro di avena (Kgr. 6 ogni 24 ore). L'orina non venne raccolta in toto con apparecchi collettori, per le ragioni già altra volta esposte, ma ogni mattina si prese un saggio di orina freschissima durante la minzione dell'animale.

Devo aggiungere, che per affrettare lo svotamento dell'intestino dai residui del regime precedente, alla sera del 4° giorno di esperienza (18 Marzo) si diedero all'animale gr. 30 di aloe; dal giorno successivo le feci assunsere nettamente i caratteri propri della pura razione di avena.

Quanto ai metodi analici impiegati, devo osservare che nei primi cinque giorni (15-19 Marzo) l'alcalinità dell'orina fu determinata col metodo acidimetrico diretto mediante il tornasole e all'ebollizione. Nei giorni successivi usai il metodo di Maly da me modificato.

I risultati analitici dei dodici giorni di esperienza sono, per brevità, raccolti nella Tabella II. I dati ottenuti non hanno valore assoluto ma relativo, cioè si riferiscono a 1000 cc. di orina; essi si prestano egualmente bene per il confronto fra i diversi componenti.

**Tabella II.**

ORINA DI CAVALLO

| Giorno | P. s. | Reazione al tornasole | Alcalinità in gr. $NaOH$ p. 1000 | Acidità in gr. $NaOH$ p. 1000 | $NH_3$ per 1000 | N. totale p. 1000 | $N$-amm. p. 100 di $N$ totale | $P_2O_5$ | Grammi — equivalenti per 1000 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | $P_2O_5$ | | |
| | | | | | | | | | Alcali | Acidi | $NH_3$ | come $M_2HPO_4$ | come $MH_2PO_4$ | |
| | | | gr. | | gr. | gr. | | | | | | | | |
| 15/3 Fieno e paglia | 1044 | alcalina | 8,70 | — | 0,0077 | 13,35 | 0,0475 | 0 | 0,2176 | — | 0,00045 | — | — | |
| 16/3 **Avena** | 1044 | » | 9,06 | — | 0,0185 | 17,25 | 0,0885 | 0 | 0,2266 | — | 0,00109 | — | — | |
| 17/3 » | 1041 | » | 3,64 | — | 0,0259 | 23,76 | 0,0898 | 0 | 0,0911 | — | 0,00152 | — | — | |
| 18/3 » | 1043 | » | 1,42 | — | 0,0227 | 24,90 | 0,0752 | 0 | 0,0355 | — | 0,00133 | — | — | |
| 19/3 » | 1046 | alcalina, quasi neutra | 0,120 | — | 0,0311 | 26,40 | 0,0971 | 0 | 0,0030 | — | 0,00183 | — | — | |
| 20/3 » | 1044 | **anfotera** | 0,134 | — | **0,0906** | 27,44 | **0,2714** | **0,304** | 0,0033 | — | 0,00532 | 0,00428 | — | sono presenti dei bicarbonati. |
| 21/3 » | 1044 | **acida** | — | 1,066 | 0,1047 | 27,30 | 0,3159 | 1,100 | — | 0,0266 | 0,00616 | 0,01549 | 0,03098 | |
| 22/3 » | 1036,6 | » | — | 0,488 | 0,1246 | 26,26 | 0,3902 | 0,134 | — | 0,0122 | 0,00732 | 0,00188 | 0,00376 | (l' animale non ha mangiato tutta la razione). |
| 23/3 » | 1042 | » | — | 1,110 | 0,0945 | 27,60 | 0,2821 | 1,208 | — | 0,0277 | 0,00556 | 0,0170 | 0,0340 | |
| 24/3 » | 1041 | » | — | 3,796 | 0,0928 | 25,21 | 0,3032 | 3,383 | — | 0,0949 | 0,00546 | 0,0476 | 0,0952 | |
| 26/3 » | 1039 | » | — | 2,216 | 0,1113 | 23,26 | 0,3936 | 1,718 | — | 0,0554 | 0,00654 | 0,02419 | 0,04838 | |
| 27/3 » | 1039 | » | — | 1,840 | 0,1516 | 22,81 | 0,5470 | 1,423 | — | 0,0460 | 0,00892 | 0,02004 | 0,04008 | |

Come ho detto la presente ricerca ha dato risultati assai interessanti, che riassumo ordinatamente:

1) La reazione dell' orina, da prima intensamente alcalina, diviene acida; il fatto era noto, ma qui è seguito quantitativamente nel suo svolgersi. La reazione alcalina diminuisce gradatamente e lentamente e solo al 6° giorno di razione d' avena abbiamo netta reazione acida. Tale andamento attesta la notevole riserva di alcali fissi nell' organismo del cavallo a regime ordinario (erbivoro puro). La reazione acida si mantiene per tutta la durata del regime puro d' avena e raggiunge cifre abbastanza alte, paragonabili a quelle, che si osservano nell' uomo e negli onnivori.

2) La eliminazione dell' $NH_3$ comincia a modificarsi fino dal primo giorno, poichè dalle cifre minime proprie del regime ordinario essa sale lentamente fino al quadruplo; ma sul finire della reazione alcalina dell' orina, l' $NH_3$ sale con un balzo a più del decuplo, e seguita a salire, mentre la reazione è acida, fino ad un massimo di 0,1516 gr. p. 1000, cioè circa 20 volte la quantità iniziale (gr. 0,0077). Tuttavia essa non raggiunge mai i valori, che si osservano nell' uomo e più ancora nel cane, come risulta anche dal rapporto percentuale dell' azoto ammoniacale all' azoto totale, che resta sempre inferiore all' unità (massimo 0,547) (cfr. la Tabella I). Inoltre si può osservare, che le oscillazioni nella quantità dell' ammoniaca non sono parallele a quelle dell' acidità, e spesso seguono una direzione opposta.

3) Il fatto forse più interessante è infine la comparsa dell' anidride fosforica nell' orina appena la reazione di questa diviene anfotera (ha cioè un tenuissimo grado di alcalinità dovuto a bicarbonati). Nell' orina alcalina a regime di fieno e paglia e nei primi 4 giorni di razione pura d' avena la $P_2O_5$ è totalmente assente; essa appare quando la reazione passa da alcalina ad acida, e successivamente cresce presentando cifre paragonabili a quelle abituali nell' uomo a regime misto; le sue oscillazioni (eccetto che in un giorno, in cui presenta una grande diminuzione, difficile a spiegarsi) sono quasi perfettamente parallele a quelle dell' acidità, e dal confronto degli equivalenti acidi dell' orina con quelli relativi al fosfato primario si può dedurre, che qui l' acidità dell' orina è totalmente rappresentata dai fosfati.

Un altro rapporto interessante è, che la comparsa dell' $P_2O_5$ coincide coll' aumento quasi subitaneo dell' $NH_3$ (20 Marzo), il che si accorda con le considerazioni e le ipotesi fatte sopra a proposito delle relazioni della $NH_3$ e della $P_2O_5$ dell' orina con la escrezione acida dell' organismo.

## IV.

### *Azione degli alcali sulla eliminazione della $NH_3$ e della $P_2O_5$ nell' uomo e nel cane.*

Tanto nell' uomo (Coranda, Haskins) che nel cane (Salkowski e J. Munk) è stato dimostrato che gli alcali (bicarbonato, citrato di sodio) diminuiscono la eliminazione dell' $NH_3$ nelle 24 ore.

Io ho voluto tentare di seguire il processo nelle sue diverse fasi per osservare i rap-

porti della reazione dell'orina con la eliminazione dell' $NH_3$ e dell' $P_2O_5$ in singoli periodi della secrezione orinaria.

Nell' uomo ho proceduto come nelle ricerche riferite nella Tabella I, somministrando a un dato momento 5 gr. di bicarbonato di sodio e analizzando le successive porzioni di orina secreta.

I risultati sono consegnati nella Tabella III. Si vede chiaramente il rapporto dell' alcalinità dell' orina con la diminuzione dell' escrezione di $NH_3$, ma tale diminuzione è fugace. Al contrario la escrezione dell' $P_2O_5$ non presenta alcuna riduzione e pare non risenta alcuna influenza dall' alcalinità dell' orina; anzi essa aumenta piuttosto che diminuire. Tuttavia non si può logicamente inferire, che l' organismo umano sia in ciò ezzenzialmente diverso da quello degli erbivori, poichè l' assunzione di un po' di bicarbonato, per gli effetti transitori che determina, non può compararsi con le immanenti condizioni di ricambio di un erbivoro.

ORINA UMANA — AZIONE DEGLI ALCALI

**Tabella III.**

| Periodo della giornata | | Reazione al tornasole | Acidità in gr. *NaOH* per 1000 | Alcalinità in gr. *NaOH* per 1000 | $NH_3$ p. 1000 | $P_2O_5$ p. 1000 | Gr. — equivalenti per 1000 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Acidi | Alcalini | $NH_3$ | $H_3PO_4$ | $M_2HPO_4$ | $MH_2PO_3$ |
| ore 7 — 10 (Alle 10 si danno gr. 5 bicarbonato sodico in gr. 150 di acqua). | — | Acida | gr. 0.328 | gr. — | gr. 0,365 | gr. 0,483 | 0,0082 | — | 0,0214 | 0,0204 | 0,0068 | 0,0136 |
| ore 10 — 11 3/4 | — | Reazione anfotera — svolge gas con *HCl*. | — | 1,884 | 0,076 | 0,537 | — | 0,0471 | 0,0044 | 0,0242 | 0,0080 | 0,0161 |
| ore 11 3/4 — 12 1/2 | — | Anfotera (tendenza all' alcalinità) | — | 0,624 | 0,159 | 0,948 | — | 0,0156 | 0,0093 | 0,0400 | 0,0133 | 0,0267 |
| ore 12 1/2 — 14 | — (1) | Lievemente acida. | — | — | — | 1,423 | — | — | — | — | — | — |
| ore 14 — 17 1/2 | — | Anfotera. | — | 1,540 | 0,266 | 1,825 | — | 0,0385 | 0,0156 | 0,0771 | 0,0257 | 0,0514 |
| ore 19 | — | Lievemente acida. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

(1) Questa porzione non fu analizzata completamente; conteneva gr. 1,423 di $P_2O_5$ ed era lievemente acida al tornasole. Alle 13 1/2 venne assunto il pasto e l' orina del periodo successivo ritornò fortemente alcalina.

Nel cane si possono raggiungere condizioni più favorevoli, quantunque sempre molto lontane da quelle di un erbivoro puro. Un' azione più persistente e intensa degli alcali sull' organismo si ottiene agevolmente nel cane somministrando coi pasti quantità adeguate di acetato di sodio (gr. 10-20 per i due pasti delle 24 ore). In tal modo si può rendere fortemente e permanentemente alcalina l' orina. Forse bisognerebbe continuare per parecchio tempo questo regime per indurre nel cane condizioni strettamente analoghe a quelle di un erbivoro. Ad ogni modo riferisco nella Tabella IV i risultati da me ottenuti finora.

**Tabella IV.**

| Data | Pasto | Reazione al tornasole | Acidità in gr. *NaOH* p. 1000 | Alcalinità in gr. *NaOH* p. 1000 | $NH_3$ per 1000 | Azoto totale per 1000 | Azoto ammon. p. % di Azoto tot. | $P_2O_5$ | Grammi-equivalenti per 1000 di | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Acidi | Alcali | $NH_3$ | $H_3PO_4$ | $M_2HPO_4$ | $MH_2PO_4$ |
| 21/4 sera | 100 gr. pane + 300 gr. carne. | | | | gr. | gr. | | gr. | | | | | | |
| 22/4 mattina | c. s. | Acida | — | — | 1,157 | — | — | 2,148 | — | — | 0,0680 | 0,0907 | 0,0302 | 0,0604 |
| Ore 10—15 | — | Anfotera | 0,034 | — | 0,940 | — | — | 0,510 | 0,0008 | — | 0,0553 | 0,0215 | 0,0071 | 0,0143 |
| 23/4 notte fino alle 8 1/2. | Ore 8 1/2 Zuppa di 200 gr. pane, 100 gr. carne. | Acida | 0,398 | — | 0,729 | — | — | 0,698 | 0,0099 | — | 0,0428 | 0,0294 | 0,0098 | 0,0196 |
| Ore 15 | — | Liev. alcalina | — | 0,452 | 0,479 | — | — | 0,429 | — | 0,0113 | 0,0281 | 0,0181 | 0,0060 | 0,0121 |
| Ore 18 1/2 | — Ore 19: 200 gr. carne, 100 gr. pane, 10 gr. acetato di sodio. | Acida | 0,998 | — | 1,642 | — | — | 1,342 | 0,0249 | — | 0,0965 | 0,0567 | 0,0189 | 0,0378 |
| 24/4 notte fino alle 8 1/2. | — Ore 8 1/2: 100 gr. carne, 200 gr. pane, 10 gr. acetato di sodio. | Anfotera | 0,126 | — | 0,799 | — | — | 1,127 | 0,0031 | — | 0,0470 | 0,0476 | 0,0158 | 0,0317 |
| Ore 10 1/2 | — | Alcalina | — | 4,488 | 0,029 | 4,812 | 0,508 | 0,698 | — | 0,1122 | 0,0017 | 0,0294 | 0,0098 | 0,0196 |
| Ore 12 3/4 | — | Alcalina | — | 4,192 | 0,120 | 9,711 | 1,023 | 0,644 | — | 0,1048 | 0,0070 | 0,0265 | 0,0088 | 0,0177 |
| Ore 18 (1) | — Ore 18: 200 gr. carne, 150 gr. pane, 20 gr. acetato di sodio. | Alcalina | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25/4 ore 8 1/2 (2) | — ore 8 1/2: Gr. 100 carne, gr. 200 pane, gr. 20 acetato di sodio. | Alcalina | — | 2,642 | 0,183 | 8,971 | 1,685 | 0,724 | — | 0,0660 | 0,0107 | 0,0305 | 0,0101 | 0,0203 |
| Ore 11 1/2 | — | Fort. alcalina | — | 6,388 | 0,0034 | 4,294 | 0,065 | 0,859 | — | 0,1597 | 0,0002 | 0,0362 | 0,0120 | 0,0241 |
| Ore 16 | — | Idem | — | 4,998 | 0,246 | — | — | 0,939 | — | 0,1249 | 0,0144 | 0,0396 | 0,0132 | 0,0264 |
| Ore 19 | — Ore 19: Gr. 450 carne, gr. 100 pane. | Alcalina | — | 1,326 | 0,338 | 13,27 | 2,10 | 2,040 | — | 0,0331 | 0,0198 | 0,0861 | 0,0287 | 0,0574 |
| 26/4 notte fino alle 8 1/2. | — | Liev. acida | 0,118 | — | 0,845 | — | — | 1,020 | 0,0029 | — | 0,0490 | 0,0431 | 0,0144 | 0,0288 |
| Ore 16—18 1/2 | — | Acida | 0,674 | — | 1,455 | 14,97 | 8,00 | 1,127 | 0,0168 | — | 0,0955 | 0,0476 | 0,0158 | 0,0317 |

(1) Questa porzione andò perduta per le analisi.
(2) Nella notte l'animale ha emesso circa cc. 400 di orina, che non viene analizzata.

Ho adoperato per tali ricerche una robusta cagna del peso di Kgr. 12, assuefatta alle esperienze di laboratorio.

L' orina era sempre raccolta col cateterismo uretrale ed immediatamente analizzata. Il numero e la lunghezza delle singole analisi mi hanno impedito di fare osservazioni più frequenti e circostanziate. Ma, anche come li riferisco, i risultati sono bene evidenti.

Col metodo dell' acetato di sodio si può ottenere un grado di alcalinità notevolissimo, paragonabile a quello, che può riscontrarsi nel cavallo a razione di fieno, ed anche per un periodo assai lungo. È così che la diminuzione della eliminazione delle $NH_3$ può raggiungere tale grado da essere in tutto comparabile con quella osservabiie nel cavallo. Credo di avere raggiunte le cifre più basse mai ottenute nel canè; è infatti una prima volta con una alcalinità di gr. 4,488 di *NaOH* p. 1000, la $NH_3$ scese a gr. 0,029 (rapporto dell' az. ammon. all' az. totale = 0,508 %) ed un' altra, con una alcalinità anche maggiore (= gr. 6,388 *NaOH* p. 1000), la $NH_3$ scese a gr. 0,0034 p. 1000 (rapp. dell' az. ammon. all' az. totale = 0,065 %); queste ultime cifre sono anche inferiori a quelle abituali nel cavallo (cfr. il mie lavoro citato). Un fatto però è degno di nota ed è che questi minimi durano molto brevemente e tosto la $NH_3$ torna a crescere assai rapidamente; ciò deve dipendere dalla relativa fugacità dell' azione degli alcali anche somministrati col mezzo dell' acetato di sodio, come già si può intravvedere dalle cifre dell' alcalinità dell' orina.

Quanto all' anidride fosforica, anche qui, nonostante le altissime dosi di alcali circolanti ed eliminate col rene, non è dato osservare alcuna sensibile variazione, talchè è logico pensare, che il ricambio dell' acido fosforico, forse per il genere dell' alimentazione o per altre circostanze concomitanti, segua nel cane leggi un po' diverse da quelle che appaiono così spiccate negli erbivori puri, come il cavallo.

Resta ad ogni modo provato, che anche nel cane la riduzione della escrezione di $NH_3$ può raggiungere i limiti, che ho fissato come normali negli erbivori, e che tale riduzione è l' effetto di una sovrabbondanza di alcali fissi, che non può essere ottenuta se non in modo transitorio, ma che prova ad ogni modo, che il meccanismo regolatore della eliminazione dell' $NH_3$ nella orina dipende dagli stessi fattori e segue le stesse leggi nei diversi tipi animali.

*Istituto di Fisiologia della R. Universita*
*diretto dal Prof. P. Albertoni.*

# SULLA TRASMISSIBILITÀ DELLA SIFILIDE AL CONIGLIO MERCÈ L'INNESTO DI CONDILOMI ACUMINATI PROVENIENTI DA SOGGETTI SIFILITICI.

## MEMORIA

DEL

**Prof. DOMENICO MAJOCCHI**

DIRETTORE DELLA CLINICA DERMO-SIFILOPATICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

letta nella Sessione del 27 Maggio 1917

(CON UNA TAVOLA).

Stimo di qualche interesse, per lo studio della sifilide *sperimentale*, esporre il risultato, ottenuto mercè l'*innesto di condilomi acuminati*, tolti da due infermi sifilitici, accolti nella clinica dermo-sifilopatica di Bologna.

Come è noto, la sifilide sperimentale sugli animali fu tentata dagli antichi sifilografi: ma i risultati, da essi ottenuti, furono nel massimo numero negativi, o anche quando ebbero un apparente successo, questo per tanti rispetti incuteva dubbiezze tali, da non renderlo accettevole dai moderni sifilografi. Nè è da meravigliare; dappoichè la indifferenza degli sperimentatori nella scelta del materiale da innesto, la mancanza di una tecnica rigorosa nel raccoglierlo, la poca, o nessuna cura nella scelta dell'animale, e della sede topografica dell'innesto stesso, e da ultimo le teorie dominanti allora sulla natura dei virus (*identismo*, *unicismo*, *pluralismo*), non potevano portare a conclusioni sicure sopra così ardua questione.

E fu per questa mancanza, o incertezza di risultati sperimentali che, fino a pochi anni fa, regnò come principio indiscutibile « *che la sifilide fosse una malattia infettivo-contagiosa specifica dell'uomo e non trasmissibile agli animali* ».

Ma in questi ultimi anni l'argomento della trasmissione della sifilide agli animali fu sottoposto nuovamente ad un esame critico assai rigoroso; e d'altra parte gli esperimenti, condotti con metodo più preciso, e soprattutto la scoperta del virus sifilitico, hanno stabilito il nuovo principio, *che la sifilide è trasmissibile anche agli animali.*

Di questa nuova conquista sifilografica hanno il merito inoppugnabile gli esperimenti del Metchnikoff e Roux, i quali, venuti in luce nel 1903 (qualche anno prima della scoperta della *Spirochaeta pallida*), formano indiscutibilmente la base dei moderni studi intorno alla sifilide sperimentale.

Le prove più convincenti di trasmesso contagio sifilitico, condotte da essi con tecnica

irreprensibile, si ottennero segnatamente sugli *antropoidi*, e meno spiccatamente sulle *scimmie inferiori*.

A questi esperimenti tennero dietro quelli di altri sifilografi (Lassar 1904, Arnold e Salmon 1904, Neisser 1904, Queyrat 1905, Neisser e Berman 1905), finchè nel 23 Aprile 1905 Schaudinn e Hoffmann scoprirono e descrissero per la prima volta la *Spirochaeta pallida* nell' uomo.

Fu allora che Metchnikoff e Roux, investigando le lesioni primarie e secondarie delle scimmie *antropoidi* sifilizzate, rinvennero sempre la *Spirochaeta pallida*, dando piena conferma alla scoperta di Schaudinn e Hoffmann da una parte, e dall'altra ponendo in maggiore evidenza la trasmissione del contagio agli animali.

Fin qui però solo le scimmie *antropoidi*, e in parte le *inferiori*, avevano mostrato la trasmissibilità del virus sifilitico. Ma ben presto nuovi esperimenti danno risultati positivi in altre specie di animali: e oggidì sappiamo che il *coniglio*, la *cavia*, la *pecora*, il *cane*, il *gatto*, il *ratto* e la *volpe*... offrono non minore recettività all' innesto del virus sifilitico.

Ma la sifilide del coniglio, dopo le esperienze *seriali* così decisive del Bertarelli, è quella che attira maggiormente l' attenzione dei sifilografi, non solo per la facilità di procurarsi l' animale da esperimento, ma soprattutto per la dimostrazione così evidente della trasmissione al medesimo del caratteristico prodotto primario della lue con ingorgo del ganglio prossimo e talvolta perfino con forme generalizzate.

Alle felici esperienze del Bertarelli, intorno alla dimostrazione sperimentale dell' infezione luetica del coniglio, hanno recato un grande contributo i numerosi innesti, fatti soprattutto in Italia dal Truffi, dal Fontana, dal Simonelli, dal Parodi, dal Galli-Valerio, dall'Ossola, dal Chirivino, dall' Arman, dal Lombardo, dal Ramazzotti, dal Gravagna, dal Sangiorgi, e dal Colombo, rendendo così famigliare il metodo della trasmissione del contagio su questo animale, non solo colla *sifilosclerosi*, ma ancora coi prodotti *secondari* e *terziari* (1).

Non è però soltanto coi prodotti diretti dell' infezione sifilitica che si può ottenere la trasmissione della lue negli animali, ma è anche possibile il trasporto del contagio con prodotti provenienti da lesioni di altra natura, quando questi si trovino sopra organismi sifilitici.

Fra questi prodotti non sifilitici, capaci di trasmettere la infezione luetica, devono annoverarsi anche i *condilomi acuminati*, tolti da soggetti sifilitici, con i quali ho potuto dimostrare per la prima volta il contagio sul coniglio.

Merita pertanto che io esponga il risultato dell' esperimento, perchè di questo si faccia manifesta tutta l' importanza clinica, specialmente se tengasi conto delle condizioni, nelle quali si trovavano ambedue i pazienti, allorchè fu eseguito l' innesto dei condilomi.

---

(1) Fra gli stranieri, che studiarono la sifilide sperimentale nel coniglio, meritano di essere ricordati Siegel (1905), Scherber (1906), Greef e Clausen (1906), Hoffmann e Brunig (1907) Grouven (1907), Neisser (1908), Levaditi e Yamamouchi (1908) Mezincescu (1909), Uhlenhuth e Mulzer (1911 e 1914), Sowade (1911), Igersheiner (1912) e Berger (1913), ed altri.

I. CASO. — A. A. di anni 22, nativa di Bologna, nubile, sarta, entra in clinica il 25 Novembre 1916.

Anamnesi remota — Dal lato gentilizio non havvi molto da notare: padre sano, di carattere impetuoso e suicida a 37 anni: madre sana, tuttora vivente: questa nè soffrì mai di malattie infettive, nè ebbe mai aborti.

Dei nove fratelli della paziente quattro (due maschi e due femmine) sono morti in tenera età per affezioni che non è dato di precisare; invece due sorelle e tre fratelli tuttora viventi si mostrano sani e robusti.

La paziente asserisce di non aver sofferto di malattie gravi durante la sua infanzia: verso l'epoca della pubertà fu colpita da tifoide, dalla quale guarì, senza avere alcun postumo. Mestruò a 12 anni.

Anamnesi prossima. — La malattia presente incominciò nell'ottobre scorso e precisamente alla fine di Giugno del 1916, allorchè venne deflorata: da questo momento notò la scomparsa della mestruazione. Appresso ebbe parecchi rapporti sessuali sempre collo stesso individuo: in alcuni di questi rapporti vi furono atti di sodomia, ma sempre incompiuti, come affermerebbe la paziente!

Dopo un mese circa sentì qualche disturbo ano-genitale, caratterizzato da prurito di vario grado, ma più spiccatamente nella regione perianale, ove, ai primi d'ottobre dello stesso anno, incominciò a sentire sotto la palpazione piccoli granuli duri che crebbero rapidamente di volume e di numero, specie quelli sorti in corrispondenza dell'ano.

Intanto la paziente, priva da tre mesi delle sue mestruazioni, sospettò di essere incinta; di che fu anche assicurata da un ginecologo, al quale essa fece ricorso per essere visitata dalle lesioni ano-genitali: queste infatti erano, al momento della visita, arrivate ad un volume considerevole, tanto che fu subito consigliata di entrare nella Clinica dermosifilopatica; ciò ch'essa fece nel giorno sopramentovato.

Nel frattempo si erano manifestate altre lesioni, delle quali sarà parola più tardi.

Esame obbiettivo. — A prima giunta si vede sporgere dal solco delle natiche, con impianto in corrispondenza dell'orificio anale, una massa vegetante di colorito roseo-pallido, di aspetto a cavolfiore, del volume di un pugno, di superficie umidiccia, di consistenza molle e di odore fetido.

Divaricate le natiche, si vede la detta massa a cavolfiore, costituita da un agglomerato di produzioni aciniformi, e lobulate, di volume vario, di superficie moriforme che. allontanate alquanto, mostrano le loro radici nelle pieghe raggiate dell'ano e nella cute del cercine anale: alcune di esse, come escrescenze migliariformi, spiccano sulla mucosa dell'ano, dal quale esce un liquido muco-sieroso fetidissimo.

Havvi ancora qualche piccola ragade sanguinante e dolente che maggiormente molesta la paziente nell'atto del defecare: mancano però nodi emorroidari.

Tranne il prurito, che di tanto in tanto si fa più molesto, la massa vegetante non arreca altro disturbo che nel momento della defecazione, come si è detto testè.

Appena entrata in clinica, ci accorgemmo che la paziente, oltre i *condilomi acuminati*, presentava segni manifesti di *sifilide secondaria*: pleiadi gangliari, papule mucose orali e delle tonsille: la diagnosi di lue fu confermata anche dalla Wassermann.

Innanzi però di venire alla estirpazione della massa dei *condilomi acuminati*, s'iniziò una cura antisifilitica, mercè due injezioni *endovenose*, una di *Salvarsan*, e l'altra di *Novarsenobenzolo B.*, seguite da *sei* injezioni di Calomelano (di centigrammi 5 ciascuna). Le manifestazioni luetiche si dileguarono alle prime injezioni, laddove i condilomi sotto l'influenza della gravidanza aumentarono di volume, non ostante le continue disinfezioni locali.

Comunque si volle attendere ancora per l'estirpazione dei condilomi, perchè, essendo entrato in Clinica altro paziente nelle stesse condizioni patologiche, si stabilì di eseguire contemporaneamente l'atto operativo in ambedue i soggetti.

II. CASO. — È presso a poco identico al precedente, tanto per le lesioni locali, quanto per le condizioni generali.

F. G. di anni 18, nativo di Bologna, telegrafista ferroviere, ha nulla d'interessan dal lato gentilizio: padre è morto per infortunio: madre viva e sana, parimenti un f tello suo è vivente e sano.

È di costituzione linfatica e, avendo sofferto in tenera età di scrofolosi, presenta ancora le stigmate cicatriziali caratteristiche.

Del resto non pare che abbia sofferto altre malattie di qualche entità.

Venne nell' ottobre 1916 al dispensario della Clinica, presentando forme erosive, poste in serie attorno all' ano, da far subito riconoscere la loro natura specifica (placche mucose ulcerate) tanto più che coesistevano macchiette eritematose disseminate sul tronco: nullameno si volle eseguire la Wassermann, e essendo questa stata positiva intensa, fu avvertito il paziente che era necessaria una cura specifica: inoltre presentava *condilomi acuminati* perianali piccoli come granelli, sebbene datassero da tre a quattro mesi: in pari tempo, alla semplice esplorazione anale, il paziente offriva i segni evidenti del pederasta passivo, ed egli stesso non negò di essersi dato ad atti sodomitici: ma, rifiutando il nostro consiglio, non si fece più vedere per circa 40 giorni, trascorsi i quali, si presentò di nuovo al Dispensario in peggiori condizioni per essere ammesso in Clinica, ove fu accolto l' 8 Dicembre dello stesso anno (1916).

Esame obbiettivo. — Non si trova nulla da notare per riguardo ai vari organi e e sistemi: soltanto l' attenzione viene richiamata dalla regione ano-perineale, ove scorgesi un ammasso papillomatoso a cavolfiore, della grandezza d' un pugno, che s' impianta sul contorno anale, assai dolente ogni qualvolta si tenta di divaricare le natiche e soprattutto nell' atto della defecazione. Alcune di queste vegetazioni sono quà e là in preda a ulcerazione e gementi un liquido sieroso fetido, liquido, che esce anche dall' ano, fetidissimo.

Oltre a ciò, divaricando le natiche, notasi nel contorno anale, e vicino all' impianto della massa condilomatosa, ulcerazioni irregolari, coperte da detrito grigiastro e, accanto a queste, rilevatezze coniche, che hanno caratteri di papule mucose escoriate.

Il paziente ha trascurato fin qui la cura specifica, avendo fatto qualche iniezione mercuriale, senza che si sappia precisare la qualità del preparato.

In questo stato fu immediatamente sottoposto a due iniezioni endovenose di *Novarsenobenzolo B,* seguite da qualche iniezione di Calomelano. Gli effetti terapeutici si fecero subito rilevare per la scomparsa delle papule mucose e per il miglioramento delle condizioni generali.

Essendo ambedue i pazienti in Clinica, già sottoposti allo stesso trattamento specifico con manifesto vantaggio per la infezione luetica, ma senza modificazione alcuna per i condilomi acuminati perianali, si stabilì di recidere questi, non solo per scopo terapeutico, ma ancora per farne esperimento sopra conigli.

Il 4 Gennaio di quest' anno (1917), previa anestesia etero-cloroformica, si venne in ambedue i pazienti alla recisione delle masse condilomatose mercè grosse forbici curve. L' operazione eseguita rapidamente non arrecò inconvenienti di sorta.

La medicatura asettica con garza jodoformica portò a guarigione le parti cruentate nello spazio di pochi giorni.

Soltanto nel giovane, pederasta abituale, (*Caso 2°*) rimase per qualche tempo una proctite catarrale con scolo siero-mucoso fetido, per la quale si raccomandarono disinfezioni locali.

Ambedue i pazienti, liberati dalla molestia dalle masse condilomatose suddescritte, e migliorati nelle condizioni luetiche, uscirono dalla Clinica, la donna il 17 Gennaio 1917 (1), e il giovane il 13 Gennaio dello stesso anno. Si raccomandò ai medesimi la continuazione della cura specifica, e per qualche tempo fecero ritorno in Clinica per eseguire ogni otto

(1) Ho visto la donna nel dicembre 1917 (dopo un anno circa dall' operazione), la quale non presentava alcuna riproduzione dei condilomi, e assai migliorata dalla sifilide per la cura specifica.

giorni le injezioni di calomelano. Durante questa cura non comparvero più manifestazioni luetiche, e nemmeno i condilomi acuminati mostrarono il più piccolo segno di riproduzione (1).

## Esperimenti sul coniglio.

Col materiale fresco, tolto da ambedue i pazienti, furono fatti innesti separatamente sopra due grossi conigli maschi.

Prima dell'innesto fu eseguito l'esame microscopico di ambedue i pezzi patologici, rinvenendo in essi la *Sp. pallida*, come verrà descritto più tardi.

Gl'innesti furono eseguiti con piccoli frammenti freschi, cacciati sotto la pelle dello scroto e anche sotto la vaginale, chiudendo la ferita con un punto di sutura.

In uno dei conigli, che aveva ricevuto il prodotto del condiloma acuminato della donna (*I. Caso*), sviluppossi dopo 10 giorni un nodetto lenticolare nel punto d'innesto: il nodetto era duro e leggermente escoriato per attrito provocato dall'animale stesso. Dopo qualche settimana crebbe, pigliando il volume di una piccola ciliegia. In questo momento la lesione era tipica, tanto da non potersi confondere con un prodotto irritativo qualsiasi: infatti la rilevatezza notevole, alquanto avvallata, di aspetto calloso, di durezza cartilaginea, nettamente limitata e priva di fenomeni irritativi alla base, poteva simulare il più spiccato sifiloma delle parti genitali dell'uomo: inoltre nell'inguine *sinistro* si notava il ganglio *satellite* assai sviluppato, duro e mobile.

Nell'altro coniglio, che aveva ricevuto l'innesto dei condilomi del giovane (*II. Caso*), si notava, dopo otto giorni, un piccolo nodetto *irritativo* in corrispondenza della ferita, il quale, trascorsa qualche settimana, scomparve in modo perfetto, nè più comparve *in loco* altra lesione.

Ottenuto pertanto lo sviluppo del sifiloma nel coniglio, si fece l'esame microscopico del prodotto raschiato sulla superficie del medesimo, prima di ripetere nuovi innesti: allestiti alcuni preparati per strisciamento, si osservò nel materiale raccolto la *Sp. pallida* in numero assai notevole.

Dopo ciò, conservandosi netti i caratteri del sifiloma del coniglio, si tenne questo in osservazione per alcune settimane, e appresso, estirpatolo fino alla sua base, una parte del medesimo fu usata a fresco per nuovi innesti, e un'altra parte fu riservata per l'esame istologico.

Devo però far rilevare che gl'*innesti di ripetizione* ebbero risultato negativo nei due conigli inoculati, sia perchè uno di questi lacerò la ferita, sia anche perchè il sifiloma, conservato a lungo, era entrato già nella fase involutiva, sia infine per altre ragioni difficili a potersi precisare in simili contingenze. Comunque se dal sifiloma del coniglio non si ottenne mercè l'innesto la ripetizione in serie sopra altri conigli, secondo il metodo del Bertarelli, nullameno bastava per la dimostrazione della trasmissibilità del virus

(1) Ambedue questi casi formarono oggetto di studio per la *tesi di laurea*, compilata dalla Signorina russa Dott. Kofman Adelina.

sifilitico agli animali il fatto della inoculazione positiva, ottenuta col prodotto del condiloma acuminato della donna luetica (*I. Caso*).

## Esame istologico dei condilomi acuminati.

Recisi i condilomi in ambedue i pazienti, si trattarono alcuni pezzi di questi col metodo del Levaditi per la colorazione della *Sp. pallida*, e nella stessa maniera si fece per il sifiloma del coniglio e per il ganglio satellite.

I tagli microscopici furono eseguiti su diversi pezzi di condilomi, tanto del *I.°* che del *II.° Caso*.

Posso intanto riferire genericamente che l'esame microscopico fece rilevare la *Sp. pallida* in molti preparati, dai quali si scelsero quelli che meglio si prestavano per i disegni microscopici e per una descrizione minuta sulla distribuzione della *Spirochaeta* medesima nel condiloma. Inoltre voglio ricordare che, anche dal *II. Caso* si ebbero tagli ben riusciti, contenenti la *Spirochaeta*, sebbene da questo non si fosse ottenuto l'innesto della sifilide.

Per maggiore esattezza credo opportuno descrivere il reperto microscopico della *Sp. pallida*, tanto nel rivestimento *epidermico*, quanto nella parte *dermica* del condiloma.

1.° ***Nel rivestimento epidermico.*** — Occupa la *Sp. pallida* i primi strati epidermici, tanto delle punte cristate del condiloma (*Fig. 1ª*) quanto degli avvallamenti alterni delle punte medesime (*Fig. 2ª*). D'ordinario spicca assai bene sull'orlo libero del rivestimento epidermico, aderendo alle cellule epiteliali (*Fig. 1ª*) che mostrano alcune alterazioni, di cui sarà parola più tardi. Ed è specialmente in questa sede che la *Sp. pallida* vedesi associata alla *Sp. refringens* (1), la quale risalta facilmente per la maggiore spessezza, come pure per la maggiore lunghezza e scarsezza delle sue spire. Ma è anche facile rilevare che la *Sp. refringens* è in numero assai scarso in paragone della *Sp. pallida*: questa mostrasi con tutta evidenza, perchè d'ordinario è isolata (*Fig. 1ª*), o soltanto ravvicinata, o raccolta in piccoli gruppi, e più raramente riunita in fascetti, come dirò in appresso. Siffatta sede e disposizione della *Sp. pallida* scorgesi assai bene nella *Fig. 2ª*, come pure nella *Fig. 3ª*, nella quale i margini d'un avvallamento epidermico, tra due punte condilomatose, sono rivestiti dalla *Sp. pallida* e insieme da qualche *Sp. refringens*. Inoltre moltissimi microrganismi *sferici* e *bacillari* trovansi frammischiati alla *Sp. pallida*, come si scorge bene nella *Fig. 1ª* e *2ª*: anzi in qualche taglio il loro numero è così cospicuo da formare uno strato assai spesso e continuo, che in gran parte ricopre la *Sp. pallida*.

Ma la *Sp. pallida* s'incontra ancora negli strati medii del rivestimento epidermico

(1) La *Sp. refringens* già era stata vista nei condilomi acuminati da Schaudinn, Hoffmann, Scholz, Cube, Kiolemenoglou, Dreyer, Juliusberg, Schucht e Parfenenko; mai però in essi era stata trovata fin qui la *Sp. pallida*, sibene altre forme di spirochete, a questa simili.

del condiloma (*Fig. 3ª*): qui la *Sp. pallida* non si vede accompagnata dalla *Sp. refringens* questa si è arrestata negli strati più esterni, laddove quella è penetrata da sola nella parte media dei grandi zaffi epiteliali della rete di Malpighi e fino anche negli strati più profondi, giungendo fin nel derma papillare. Ciò, che a tutta prima ferma l'attenzione, è la distribuzione della *Sp. pallida* in questa sede epidermica: dappoichè essa vedesi circondare le cellule malpighiane, formando come collane in corrispondenza degli spazi intercigliari, quasi fosse passata per essi, o tendesse a penetrarvi. Ed è qui che la *Sp. pallida* si raccoglie a fascetti, come dissi più sopra, per modo che si mostra assai più numerosa che negli strati esterni del rivestimento epidermico. Sembra anzi che di mano in mano che la *Sp. pallida* si approfonda, tenda a moltiplicarsi e a raccogliersi sulle cellule malpighiane con manifesta alterazione dalle medesime.

Per concludere: la *Sp. pallida*, penetrata nel rivestimento epidermico, ne invade, ove gli strati superficiali, ove questi e gli strati medii, ove anche i profondi.

Poche e di poca entità sono le alterazioni *epiteliali* che accompagnano l'invasione della *Sp. pallida* entro il rivestimento epidermico del condiloma; queste per gli strati più esterni (corneoidi) superficiali possono compendiarsi in uno stato idropico delle cellule epiteliali piatte: d'onde il facile distacco per alcune di esse, e la trasformazione per altre in un detrito granuloso (*Fig. 1ª* e *2ª*), forse dovuto, più che alla presenza della *Sp. pallida*, ad uno stato d'idropizzazione lenta e continua dei condilomi per il secreto siero-mucoso ano-rettale.

Ma negli strati medii e profondi notasi in vario grado l'*idrope nucleare e perinucleare* delle cellule malpighiane, e spesso anche un rigonfiamento idropico delle medesime, per cui cadono in degenerazione torbida, fino a ridursi ad una massa finamente granulosa con scomparsa del nucleo (*Fig. 3ª*). Talvolta nel posto della cellula malpighiana trovansi, o il nucleo rigonfio e deformato, libero entro il vano cellulare, frammenti del nucleo stesso, ovvero leucociti ed emazie ammucchiate, mentre la *Sp. pallida* conserva ancora la sua disposizione a collana sopra descritta (*Fig. 3ª*).

Con queste alterazioni epiteliali si accompagna in vario grado l'*idrope intercigliare*, e reciprocamente una dilatazione varia degli spazi intercigliari, formazione successiva di vacuoli e di loculi, ove più, ove meno grandi, ripieni di siero limpido: e all'idrope intercigliare va di pari passo una *diapedesi* leucocitaria, che in qualche zaffo epidermico è assai ricca.

Pertanto, considerate nel loro insieme, siffatte alterazioni epidermiche riproducono presso a poco quelle stesse che si ordiscono nelle forme essudative umide cutanee, e soprattutto nei primordi di sviluppo della vescicola e della pustola.

Però, più che alla *Sp. pallida*, sono esse d'attribuirsi a quel leggiero stato essudativo, che s'incontra sempre nei condilomi acuminati, specialmente quando questi risiedono in certe regioni, ove può concorrere l'azione di cause irritanti meccaniche, o chimiche; che sia così, mi sembra abbastanza chiaro, tenendo conto che le stesse alterazioni s'incontrano anche nei tagli che non mostrano la *Sp. pallida*.

Inoltre, come in tutti i condilomi acuminati, così anche in questi s'incontrano le così dette cellule di Langherans intraepidermiche (ritenute un tempo quali terminazioni

nervose) formanti colle loro anastomosi un elegante reticolo entro i zaffi epiteliali, che la colorazione del Levaditi mette assai bene in evidenza. Ma questo reticolo cellulare non mostra di avere subìto alcuna modificazione per la presenza della *Sp. pallida.*

Aggiungerò in fine che, accanto a queste alterazioni *passive* delle cellule epiteliali, scorgonsi fenomeni di attività cellulare, rivelantisi con una cariocinesi più o meno ricca degli epiteli malpighiani, specie negli strati inferiori e medii del rivestimento epidermico del condiloma. Ma anche questi fenomeni attivi di proliferazione cellulare non appaiono più spiccati, di quanto avviene nelle condizioni ordinarie di siffatte produzioni condilomatose.

2.° ***Nella parte dermo-papillare.*** — Come si è fatto rilevare più sopra, la *Sp. pallida*, pervenuta negli strati profondi dell'epidermide malpighiana, viene a mettersi a contatto col sottostante derma papillare del condiloma (*Fig. 3ª*). Ma non si contiene in questi limiti la penetrazione della *Sp. pallida*: essa si approfonda nel connettivo delle grosse papille (*Fig. 4ª*), infiltrandosi tra i fasci connettivali, ove rimanendo isolata, ove riunendosi in fascetti.

In qualche taglio si scorge la *Sp. pallida* attorno ai vasi capillari ettasici, spesso ripieni di sangue, anzi questa sede è prevalentemente occupata.

D'ordinarlo, quando la *Sp. pallida* invade il derma papillare del condiloma, l'epidermide sovrastante manca: di essa è avvenuto il distacco quasi sempre totale, raramente parziale, per disfacimento necrotico (*Fig. 4ª*).

È importante osservare, che colla invasione della *Sp. pallida* nel derma papillare del condiloma, raramente trovasi ad essa compagna la *Sp. refringens*: quando questa vi si trova, allora il disfacimento necrotico dell'epidermide è totale, o anche avvenuto da tempo, per modo che, oltre alla *Sp. refringens*, vedonsi ancora molti microrganismi insieme ad abbondante detrito granuloso, dovuto alla necrosi degli elementi cellulari.

Al contrario non sempre colla presenza della *Sp. pallida* nel derma trovansi in proporzionale rapporto fenomeni reattivi infiammatori: questi, a dir vero, non sono più intensi di quanto ordinariamente avviene nei condilomi acuminati. Infatti l'infiltrazione infiammatoria leucocitaria e la proliferazione degli elementi fissi scorgonsi con una certa uniformità nelle rilevatezze papillari ramificate, o alla base di queste, e soltanto in qualche taglio si hanno focolai di elementi istologici che mostransi maggiormente spiccati. Quivi scorgonsi non solo leucociti polinucleati, ma cellule giovani di granulazione e anche *plasmacellule*, soprattutto attorno ai capillari, fortemente dilatati: e quivi pure i fasci connettivali, circostanti ai focolai suddetti, sono rigonfi, edematosi, ed in essi risaltano le cellule fisse ipertrofiche.

Sebbene in questi focolai manchi la *Sp. pallida*, nullameno trovandola in qualche taglio sovrastante e vicino ai medesimi, non è inverosimile ch'essa abbia fatto risentire un certo stimolo nel connettivo delimitante, e anche a distanza.

Ma non credo d'insistere su questo punto, perchè i fenomeni infiammatori nei condilomi acuminati sono assai variabili, anche quando non siano invasi dalla *Sp. pallida*

3.° ***Nel ganglio Satellite.*** — Le stesse ricerche furono istituite sopra il ganglio *satellite*, che nel momento della estirpazione trovavasi alquanto in stato di regresso e di sclerosi: in nessuno dei tagli però potei avere la certezza assoluta della presenza della *Sp. pallida*; soltanto in qualcuno di essi apparve, sebbene non tipico, qualche elemento *spiraliforme* colorato in nero col *Levaditi*, come pure vicino a questo si rinvennero frammenti di forme spirali, aventi lo stesso colore, i quali in qualche taglio formavano piccoli focolai con lieve reazione infiammatoria circostante. Tale dubbio reperto devesi, a mio avviso, al periodo di tempo troppo lungo, nel quale fu estirpato il ganglio, quando già era in via di risoluzione: in tale condizione forse la *Sp. pallida* poteva trovarsi nella sua fase involutiva.

## Brevi riflessioni cliniche.

Non mi fermerò a lungo sulla importanza del risultato sperimentale, ottenuto coll'innesto di condilomi acuminati, tolti da soggetti sifilitici, perchè il fatto parla chiaramente di per sè: in ogni modo non posso dispensarmi dall'esporre alcune brevi considerazioni cliniche sopra qualche punto, riguardante la questione della trasmissibilità della sifilide agli animali.

1.° Innanzi tutto nei casi sopradescritti devesi tener conto che la *Sp. pallida* ha invaso i tessuti del condiloma nell'acme del periodo secondario, quando essa è nel suo più rigoglioso sviluppo. Si comprende facilmente che la struttura di queste produzioni papillomatose molli e succulente, ricca di vasi è condizione assai favorevole per la penetrazione e anche per la moltiplicazione di questo elemento infettante. È noto infatti che fin dall'inizio della scoperta del virus fu tentata la cultura della *Sp. pallida* sopra queste produzioni, e su di esse si ebbe realmente una moltiplicazione, quantunque mai una cultura pura (1): e siffatta condizione, favorevole allo sviluppo della *Sp. pallida* da parte dei condilomi acuminati, è a sua volta agevolata da altra assai ovvia: che i condilomi stessi, prendendo sede nei genitali esterni, e nel cercine anale, topografie propizie allo sviluppo delle papule mucose, hanno da queste produzioni di natura virulentissima facile invasione della *Spirochaeta*, che possono conservare più o meno lungamente, anche dopo che le dette produzioni siano scomparse.

E qui cadrebbe a proposito di stabilire le vie di penetrazione della *Sp. pallida*: ma, da quanto si è detto testè, la via più sicura per siffatta invasione è quella esterna, mercé la coesistenza delle papule mucose accanto ai condilomi acuminati: di che è parola nelle storie cliniche d'ambedue i pazienti, e n'è conferma l'esame istologico, dal quale è dimostrato che la *Sp. pallida* occupa d'ordinario la sede epidermica dei tagli microscopici del condiloma. Comunque però non oserei, in modo assoluto, negare (anche in base all'esame

(1) Le prime culture della *Sp. pallida* furono tentate su tessuti freschi come pure su *condilomi acuminati*. Volpino e Fontana (*Rivista d'Igiene e San. publ. 1906, p. 462.* V. anche « *Atti della Soc. Ital. di Dermat. e Sifilog. 1906* ».

microscopico) la possibilità di una penetrazione della *Spirochaeta* medesima per la via vasale.

2.° — Che questa recettività dei condilomi acuminati per il virus luetico fosse di facile intuizione, non voglio negarlo: soltanto era d'uopo darne la dimostrazione; e per questa da tempo avevo divisato d'imprendere appositi esperimenti mercè innesti sugli animali. Del resto anche senza questo risultato sperimentale, era noto che nell'acme del periodo secondario, se vengono provocate lesioni irritative, soprattutto mercè traumi, nella superficie cutanea d'un luetico, possono aversi dalle medesime prodotti contagiosi, contenenti virus sifilitico. Le esperienze di antichi sifilografi (Tarnowscki, Köbner...) avevano già posto in sodo fatti sicuri sopra queste successioni morbose in soggetti sifilitici. È d'uopo pertanto ammettere in questi soggetti, che forme bollose, o pustolose (*impetiginoidi* ed *ectimatose*) sia spontanee, sia provocate con mezzi irritanti, come pure le stesse pustole della scabbia, allorchè siano già aperte ed abbiano eliminato il loro contenuto, possono dal loro fondo eroso generare detriti virulenti ed inoculabili; e dicasi altrettanto per le granulazioni delle piaghe croniche, o precedenti al contagio della sifilide, o susseguenti a questo, le quali sarebbero in qualche momento invase dalla *Sp. pallida*. La questione dunque può oggi esser posta nei seguenti termini: *i prodotti di natura non sifilitica, ma appartenenti ad organismi sifilitici, possono trasmettere la sifilide.*

3.° — Ma l'importanza di questo risultato sperimentale si fa maggiormente sentire, in quanto che, prima dell'innesto dei condilomi acuminati i due pazienti erano stati sottoposti ad una cura antiluetica energica. Ora è noto che la cura specifica modifica profondamente i prodotti sifilitici, attenuandoli in guisa che è difficile rinvenire in questi la *Spirochaeta*. E qui si ponga mente che, quando fu estirpata la massa dei condilomi nei due pazienti, non solo le papule mucose perianali, ma ancora le altre manifestazioni secondarie, erano totalmente scomparse, come è detto nelle storie cliniche. In tale condizione era da ritenersi difficile, se non impossibile, la trasmissibilità della sifilide coll'innesto dei condilomi; al contrario in questi apparve subito, ai primi esami microscopici, la presenza della *Sp. pallida*, e l'innesto di frammenti condilomatosi, seguito dallo sviluppo del caratteristico sifiloma nel coniglio, fu la conferma più eloquente della trasmissione del contagio.

La spiegazione di questo fatto non è certo agevole: troppi fattori possono entrare in azione, per condurre al risultato sopradescritto. Non ostante ciò, due ragioni ad interpretazione del fatto potrebbero addursi qui come le più verosimili: la *prima* sarebbe da riporsi nella natura non specifica dei condilomi acuminati: i quali, per la loro patogenesi, così diversa dai prodotti sifilitici, non potendo risentire efficacia alcuna della cura antiluetica, conserverebbero e (direi quasi) proteggerebbero la *Sp. pallida*, penetrata in essi, offrendole in pari tempo un terreno adatto alla sua vita e alla sua moltiplicazione: la *seconda* potrebbe attribuirsi a difficoltà, o a mancanza di penetrazione, per la via del circolo, dei rimedi specifici entro il parenchima dei condilomi acuminati, essendo questi forniti di distretti circolatori autonomi.

Nè qui potrà trovarsi opposizione alcuna fra il reperto microscopico, *positivo* per la *Sp. pallida* in ambedue i casi di condilomi, e il risultato sperimentale *negativo* in uno dei conigli: dappoichè, quando trattasi d'innesti di prodotti virulenti, varie e diverse condizioni possono operare in maniera da impedire l'attacchimento del virus; anzi nel caso sopradescritto furono dichiarate le ragioni del risultato negativo. Comunque è a desiderarsi che altre ricerche sperimentali vengano a dar conferma al risultato da me ottenuto, soprattutto per stabilire in quale momento e in quali condizioni può meglio riuscire la trasmissione del contagio sifilitico mercè l'innesto dei condilomi acuminati.

4.° — Da ultimo merita qualche considerazione il *periodo d'incubazione* del sifiloma che, a dir vero, fu piuttosto breve nel coniglio, da me infettato. Come si è detto più sopra, dopo 10 giorni dall'innesto si notò nel punto, ove questo fu eseguito, un piccolo bottone indurato, il quale nello spazio di 20 giorni, aveva raggiunto i caratteri tipici del sifiloma, e soprattutto la durezza cartilaginea. Ora la durata del periodo d'incubazione è variabile, tanto nell'uomo, quanto negli animali, anzi variabile ancora secondo la specie degli animali stessi. Rispetto al coniglio l'osservazione degli sperimentatori avrebbe stabilito che il periodo d'incubazione non ha differenza notabile per la *sede dell'innesto*: dappoichè nella *cornea*, come può durare in media 36 giorni, con un minimo di 8 giorni, ed un massimo di 70, così nella cute del testicolo può avere presso a poco uguale durata. Al contrario la *provenienza del virus* porta nel coniglio una differenza nel periodo d'incubazione, il quale mentre è più lungo per l'innesto del virus *umano*, è assai più breve per il virus *seriale*: il che sembrerebbe doversi attribuire al fenomeno di acclimatazione della *Sp. pallida* per i suoi passaggi in serie sullo stesso animale. Comunque sia, nell'esperimento sopradescritto l'innesto sul coniglio dei condilomi acuminati fu molto sollecito, tenuto conto della provenienza del virus: il che starebbe a dimostrare che la *Sp. pallida* conservava molto attiva la sua virulenza nei tessuti del condiloma, non ostante l'energica cura antiluetica, eseguita nei due pazienti (1).

Ed è per questa condizione, e per altre già sopra esposte, che i condilomi acuminati in soggetti luetici acquistano un'importanza patogenetica di non lieve momento. Infatti, dopo quanto si è detto, si comprende facilmente che un luetico, colpito in pari tempo da condilomi acuminati nelle parti genito-anali, può con questi contagiare di sifilide, anche

---

(1) Sulla presenza della *Sp. pallida* nei condilomi acuminati può sollevarsi un qualche dubbio in seguito alle ricerche del Kraus (*Prager Mediz. Wochenschrift*, 1906, n.° 27, 28): dappoichè questo autore avrebbe notato che nei condilomi acuminati si possono trovare, accanto alla *Sp. refringens*, *Spirochete* più esili, la di cui differenziazione colla *Sp. pallida* può riuscire, sotto il rispetto morfologico, di non lieve difficoltà. Inoltre il Wolters osservò ancora in queste produzioni le stesse *Spirochete* che considerò come forme di passaggio. Anche Hecht vide nei preparati microscopici alla superficie epiteliale dei condilomi acuminati le forme di passaggio accanto alle forme tipiche di *Sp. refringens*, laddove nella profondità del tessuto condilomatoso trovò le così dette forme di passaggio rarissime, e mancanti in modo assoluto nei piccoli condilomi secchi.

Ma qui non è da dimenticare che in alcune lesioni sifilitiche e non sifilitiche genitali e perianali sono state descritte e isolate Spirochete che per i caratteri morfologici, biologici e culturali sono mal

quando le manifestazioni secondarie, e segnatamente le papule mucose locali, compagne dei condilomi stessi, siano perfettamente scomparse.

Di qui la necessità di estirparli sollecitamente, anzi non appena s' incomincia la cura specifica, per allontanare ogni pericolo di contagio da parte loro: e questo pericolo, come si è fatto più sopra rilevare, rimane sempre per la lunga permanenza della *Sp. pallida* nei tessuti del condiloma, anche dopo un energico trattamento antiluetico. Oggi dunque, dopo il risultato sperimentale sopraesposto, non possiamo più alla leggiera affermare che un sifilitico, portatore di condilomi acuminati, anche se sottoposto ad una rigorosa cura, non sia più atto a trasmettere la lue.

differenziabili sia dalla *Sp. Refringens*, sia dalla *Sp. Pallida*: così è da ricordare quella isolata da Levaditi e Stanesco e da questi denominata *Sp. Gracilis*, e l'altra dal Noguchi che ha chiamato *Tr. Calligyrum* e infine le forme accennate dall'Hoffmann di *Spirochaeta Balantidis* e *Sp. Refringens*, difficilmente differenziabili dalla *Sp. pallida*.

Da quanto si è detto però, è facile comprendere che, nei casi da me descritti, non si tratta di queste forme di Spirochete, secondo Kraus, Wolters, Hecht, Noguchi e degli altri; basterà tener conto di due fatti: 1° della sede profonda in cui si rinvenne la Spirocheta: 2° del risultato positivo mercè l'innesto sul coniglio per stabilire che trattavasi della vera *Sp. pallida*.

## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

**Fig. 1.ª** — Sezione verticale di una punta del condiloma acuminato, di cui si vede l'orlo superiore del rivestimento epidermico (*I. Caso*).

Presenza della *Spirochaeta pallida* e della *Spirochaeta refringens* sulle cellule epidermiche dello strato delimitante, alcune tendenti al distacco.

**Fig. 2.ª** — Sezione verticale in corrispondenza d'un avvallamento, compreso fra due punte del condiloma acuminato (*I. Caso*).

Presenza della *Spirochaeta pallida* sul rivestimento epidermico superficiale, accompagnata da qualche *Spirochaeta refrigens* e da numerosi microrganismi.

**Fig. 3.ª** — Sezione verticale della punta di un condiloma acuminato. (*II. Caso*).

Presenza della *Spirochaeta pallida* e della *Spirochaeta refringens* sull'orlo epidermico della punta condilomatosa.

Penetrazione della sola *Spirochaeta pallida* entro la rete di Malpighi con disposizione della medesima attorno alle cellule epidermiche malpighiane, giungendo a contatto delle papille.

Cellule epidermiche malpighiane, alcune con stato idropico, altre con idrope perinucleare, e altre con scomparsa del nucleo. Diapedesi intraepidermica leucocitaria con infiltrazione d'emazie.

**Fig. 4.ª** — Sezione verticale d'un condiloma acuminato in un punto, corrispondente al distacco dell'epidermide per necrosi della medesima (*I. Caso*).

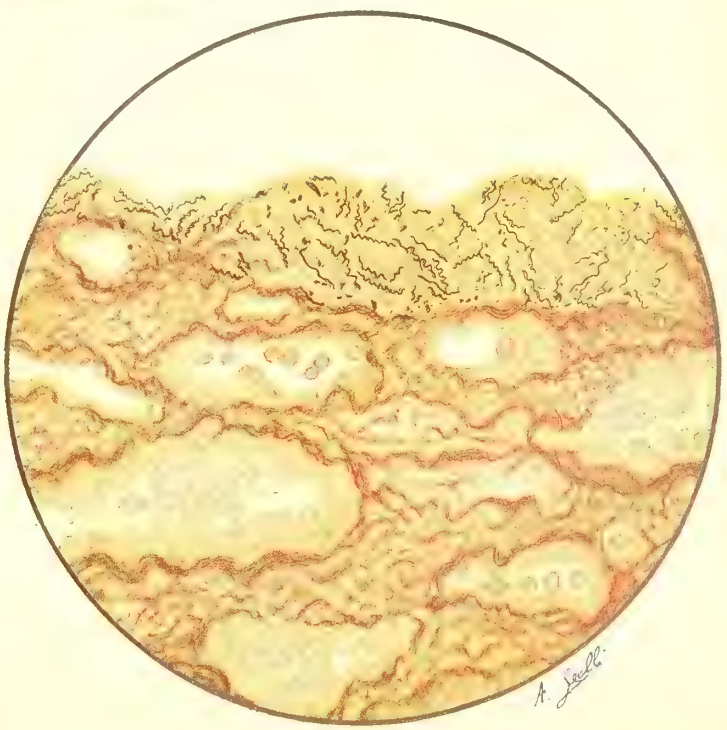
*Spirochaeta pallida* che s'infiltra tra i fasci connettivali del corio-papillare e attorno ai capillari ettasici più superficiali; insieme colla *Spirochaeta pallida* si trova, sebbene in scarso numero, anche la *Spirochaeta refringens.*

**Fig. 5.ª** — Fotografia del coniglio che mostra sulla cute dello scroto il *sifiloma tipico*, dovuto all'innesto del condiloma acuminato (*I. Caso*).

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 5



# EFFETTI DI ACQUA DISTILLATA CIRCOLANTE NEL SANGUE SUI LIPOIDI DEL CERVELLO

MEMORIA

DELL'ACCADEMICO BENEDETTINO

**Prof. IVO NOVI**

DIRETTORE DELL'ISTITUTO DI FARMACOLOGIA DELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

(letta nella Sessione del 22 Aprile 1917).

Fin dal 1884 il Bouchard (1) aveva dimostrato che sorpassando la dose di 90 gr. di $H^2O$ introdotta nelle vene di un coniglio si hanno effetti tossici che possono giungere fino alla morte dell'animale.

Il Vitali (2) nel 1889 attribuiva i fatti tossici provocati nel coniglio da dosi oscillanti fra 40 e 50 gr. per Kg. alla emoglobinemia che così si produce.

Bosch e Videl (3) nel 1896 dimostravano che nei cani i fenomeni gravi da parte del sangue si accompagnano anche ad abbattimento, sonnolenza, insensibilità generale,

Nel mio laboratorio i Dottori Carlo Lamma (4) e Giuseppe Cocchi (5) studiando gli effetti delle introduzioni endovenose di acqua distillata nei cani o nelle cavie, precisarono che nei cani le dosi da 10 a 30 cc. per Kg. d'animale fanno diminuire in modo passeggero l'emoglobina e il numero dei globuli, producendo un'albuminuria transitoria e non grave. Per dosi poi da 170 a 210 c.c. si ha la morte per coagulazione nei principali distretti vascolari.

Il Cocchi notò che nelle cavie si osserva l'emoglobinuria per dosi da 40 a 130 cc. per Kg. e per dosi maggiori si ha la morte.

Tutte queste ricerche non hanno mai riguardato la possibile alterazione dei vari elementi dei tessuti, dei materiali cioè organici e di quelli inorganici, ma hanno considerato più che altro la lesione del sangue o meglio dei corpuscoli rossi.

In confronto coi sopraindicati effetti dell'acqua distillata possono collocarsi quelli delle soluzioni ipertoniche di cloruro sodico, quali sono stati esposti nelle ricerche mie (6) e dei miei allievi (7).

In tali esperienze si sono dimostrate modificazioni funzionali varie, che sono in rapporto con alterazioni della composizione chimica dei vari tessuti ed organi.

Fatti di doppia decomposizione fra il cloruro di sodio e sali di altri metalli disciolti

nel plasma, si comprende come avvengano più o meno facilmente anche in seno ai liquidi dell' organismo e ciò è stato dimostrato dalle cennate esperienze.

Fenomeni di disintegrazione dovuti ad estrazione di acqua dai tessuti per opera delle soluzioni saline sopra dette, si comprende pure che possano avvenire e le pubblicazioni che io ho fatto in proposito l' hanno dimostrato.

Un mezzo tuttavia intermedio fra l' acqua distillata eminentemente ipotonica e le soluzioni ipertoniche di cloruro sodico usate da me e dai miei allievi nel rapporto del 10 %, è rappresentato dalle soluzioni dette fisiologiche, che il compianto Kronecker chiamò « lebenrettende » e che sono relativamente isotoniche in ragione delle loro *molecolarità*, come si esprime il nostro Coronedi.

Sarebbe a ritenersi che un liquido, per qualità e quantità del contenuto di sali dotato di un coefficiente osmotico vicino a quello del sangue dovesse promuovere solamente quelle modificazioni istochimiche che lo stesso sangue o il siero sanguigno può causare, anzi le dovesse promuovere in maniera molto limitata.

Ebbene, le mie esperienze pubblicate in questa Accademia nel 1911 (8) precisamente con soluzioni fisiologiche, che veramente contenevano solamente cloruro sodico (erano le « lebenrettende » del Kronecher) nella proporzione di 0,75 a 0,90 %, queste mie esperienze dimostrano che tali soluzioni perfuse nel circolo cerebrale dalla carotide primitiva, potevano togliere al cervello dal 35 fino al 60 % del $Ca^{++}$ e che ciò si otteneva anche per introduzione fatta per bocca o per via ipodermica, ma con diverso rapporto di quantità.

Le perfusioni producevano l' effetto sopra detto quando fossero eseguite in un tempo da 10 a 90 minuti con 5 a 10 centig. di cloruro sodico per Kg. di cane.

Solamente la via pèritoneale non produsse la disintegrazione cennata.

Interessante poi fu il fatto che con questo metodo si sottraeva il $Ca^{++}$ in abbondanza dal cervello, ma non il $Mg^{++}$ e che questo elettrolito invece nelle condizioni sperimentali indicate poteva essere sottratto dal sangue.

Vi sono dunque condizioni fisiologiche dei vari tessuti, che permettono a questi di perdere l' uno o l' altro dei loro elementi chimici; in fuori delle pure condizioni fisiche chimiche vi sono certo le proprietà fondamentali che reggono la costituzione degli elementi cellulari e il loro *pabulum vitae*. Sarebbe a chiedersi se invece di valersi di una semplice soluzione di sal marino per quanto provveduta del coefficiente $\Delta = 0{,}56$ e *salvatrice della vita* secondo il Kronecher, ma non certamente dell' integrità cellulare, si facesse ricorso a soluzioni complesse isotoniche quali il Ringer e poi il Locke e anche nella sua geniale proposta dell' *isoviscosità* il compianto Albanese ha preparato, sarebbe da chiedersi, se soluzioni così fatte possiedano azioni disintegranti e come esse eventualmente le modifichino in confronto della semplice soluzione di sal marino. Per la importanza dei sieri fisiologici certamente questo studio presenterebbe un certo interesse, che alcuni miei saggi preliminari avrebbero già affermato.

Soluzioni così fatte devono essere in grado di portar fuori dai tessuti sostanze elaborate dai medesimi, prodotti del ricambio di questi, corpi tossici e non tossici, corpi anche essenziali per la funzione di un tessuto o organo o forse anche quei corpi interessantissimi quanto vari, che sono conosciuti col nome di lipoidi.

Questi nell' acqua non si sciolgono, possono dare emulsioni instabili e solamente in presenza di determinati elettroliti può l' emulsione loro essere durevole e quindi la eventuale asportazione da un tessuto od organo può essere ottenuta.

La presenza dei lipoidi è una necessità per le cellule e la loro asportazione o diminuzione evidentemente deve produrre una intensa modificazione funzionale. Soluzioni isotoniche o isoviscose possono asportare lipoidi dai tessuti? Prove che ho istituite in proposito lo affermano e ciò naturalmente arresta molto o almeno modifica la fiducia che il pratico aveva formato sulle soluzioni fisiologiche complesse, che molti trovano già per vari punti non rispondenti allo scopo.

Ma questo fatto, è compiuto dalle semplici soluzioni saline e più ancora potrà essere compiuto dall' acqua distillata?

È questa una prima parte delle ricerche, che mi sono prefisso di eseguire e a tutta prima non parrebbe che un solvente così disadatto dei lipoidi quale è l' acqua distillata potesse sottrarli ai tessuti.

Solventi ideali dei lipoidi, come l' alcool e l' etere dimostrai già in mie 9) esperienze precedenti che potevano sottrarli al cervello è certamente devono averlo fatto ad altri organi.

Così in esperienze eseguite da un valoroso mio allievo caduto eroicamente mentre attendeva al suo alto ufficio di medico, il Dott. Ernesto Carati 10) si dimostrò che la cloroformizzazione, cioè l' entrata di cloroformio nel sangue, quale può avvenire durante la inalazione cloroformica, produceva una notevole diminuzione dei lipoidi cerebrali, che si potè calcolare fino al 23 % della quantità normalmente contenuta nel cervello e, quello che più interessa, produceva anche una specie di selezione in detti lipoidi.

Infatti mentre i lipoidi dei cervelli normali iniettati in circolo davano fenomeni di eccitamento, quelli estratti da cervelli di cani cloroformizzati introdotti per le medesime vie producevano fenomeni di depressione, di coma, di paralisi, di intorpidimento generale come nel sonno.

In un mio studio successivo 11) volli ricercare, almeno stando sulle generali, se si fosse potuto riconoscere qualche differenza chimica fra i lipoidi di cervelli normali e quelli di cervelli appartenenti a cani cloroformizzati.

Nel lavoro a cui alludo, cercai quali modificazioni qualitative e quantitative si notassero nei lipoidi cerebrali sotto l' influenza della narcosi cloroformica dei cani e trovai in fatti che i lipoidi di cani cloroformizzati oltre ai particolari messi in vista dal Carati, presentavano maggior copia di fosfatidi e minore di grassi e di colesterina, in confronto dei normali.

Facendo iniezioni endovenose di lecitina si producono gli stessi fatti, ma più intensi, che si hanno introducendo lipoidi di cervelli estratti da cani cloroformizzati.

Iniettando una emulsione di colesterina si notano i fatti propri delle iniezioni di lipoidi provenienti da cervelli normali, ma ingigantiti nei loro effetti.

L' importanza della lecitina sulla narcosi si è dimostrata anche in questo stesso mio lavoro testè citato e che mi condusse a proporre l' iniezione di soluzioni contenenti lecitina

per preparare la narcosi cloroformica o eterea e diminuire quindi della metà o anche più le dosi di anestetico necessarie per una operazione chirurgica d'importanza.

In queste mie esperienze si fissava forse sul cervello la lecitina così introdotta? Era l'aumento di lecitina nella massa cerebrale, che facilitava l'azione successiva del cloroformio o dell'etere? Io non ho eseguito esperienze in proposito, ma mi sono limitato per ora ad annunziare il fatto molto interessante per applicazioni pratiche e già provato nell'uomo dal mio ottimo allievo Dott. Vittorugo Santonoceto chirurgo in Meldola.

Io avevo anche conchiuso in questo mio lavoro, che la lecitina avrebbe potuto adoperarsi come antidoto contro il veleno del tetano o contro la stricnina, per togliere cioè i fenomeni in atto che possono condurre alla morte durante l'accesso convulsivo.

Non so di applicazioni fatte secondo la mia proposta, certamente nella guerra attuale occasioni molte hanno dovuto presentarsi, ma se è giusto almeno nel caso del tetano ricorrere alla difesa preventiva e se è giusto dare poca importanza all'intervento curativo coi sieri antitetanici, è però inumano l'abbandonare a sè l'individuo in preda all'avvelenamento stricnico avanzato o all'accesso tetanico, mentre un intervento quale io propongo deve portare qualche vantaggio.

Si sa infatti che oggi non si ammette più nell'avvelenamento da stricnina o nella intossicazione tetanica una sola azione sul midollo spinale, bensì è noto anche uno stato di esaltamento dell'eccitabilità cerebrale oltre che di quella spinale.

E la depressione dell'attività cerebrale, che si nota nel tetanizzato e nello stricnizzato verso la fine della malattia non è che l'effetto dell'esaurimento. Inoltre se anche da me non fu peculiarmente dimostrato, è pur ammissibile che la lecitina come facilita il sonno cerebrale, diminuisca l'eccitabilità dei centri cerebrali, se non di quelli spinali, che funzionano nella vita vegetativa.

Comunque sia, è dimostrato che la lecitina vale a diminuire l'eccitabilità cerebrale e a rendere più facile e pronta la narcosi.

È possibile che un seguito di iniezioni ipodermiche o endovenose di soluzioni saline o isotoniche sottragga lecitina al cervello e renda più difficile quindi la narcosi o più lieve. Di quì l'importanza anche pratica del mio referto sperimentale, ma al farmacologo, come al fisiologo preme penetrar più profondamente nell'essenza dei fatti, sicchè era opportuno il verificare se e con quale intensità solventi molto meno idonei dei lipoidi, quale l'acqua distillata, potessero eventualmente operare la dissoluzione ed esportazione dei lipoidi totali o di alcuni di essi.

« *Felix, qui potuit rerum cognoscere causas* » disse già Lucrezio, ma senza conoscere le cause dei fenomeni, non si può certo assurgere a consigli pratici, a proposte terapeutiche, ad asserzioni sul meccanismo di azione dei medicamenti.

Di speciale interesse e quale prova del fatti osservati nel mio laboratorio si presentano le esperienze esposte nella Memoria del Dott. Pellacani (12) sull'avvelenamento da alcool etilico.

Il Pellacani ha dimostrato che in queste condizioni si ha un aumento dei lipoidi fosforati ed una notevole diminuzione delle colesterine, fenomeni dunque analoghi a quelli che io ho messo in vista per opera della narcosi cloroformica.

*
* *

Sebbene giustamente Ivar Bang (13) osservi che la colesterina non dovrebbe porsi fra i lipoidi nè per la sua costituzione chimica, nè dal punto di vista della funzione fisiologica, dobbiamo tuttavia considerare fra i lipoidi anche questa sostanza dal punto di vista fisico-chimico, notando che del resto, nelle mie esperienze sopra citate, la colesterina dimostrò un comportamento molto diverso da quello di un vero lipoide qual' è la lecitina sia di fronte ai solventi specialmente acquosi, sia in riguardo all' azione fisiologica.

La colesterina del resto, come i fosfatidi, rappresenta un componente normale delle delle cellule e si trova inoltre in copia diversa in quasi tutti i liquidi dell' organismo.

Fra gli organi, la sostanza cerebrale *in toto* ne conterrebbe il 2,34 %, mentre i muscoli allo stato di secchezza non ne contengono che la decima parte cioè 0,23 % ed i reni da 0,6 a 1,3 %.

L' estrazione della colesterina con gli ordinari solventi, alcool, etere, si fa anche come determinazione quantitativa e però non mancano cifre in proposito, ma non è così per l' altro lipoide o gruppo di lipoidi, che ci interessa cioè per i fosfatidi, che pure rappresentano un elemento di importanza biologica capitale per le cellule, tanto più che entro la cellula queste sostanze fanno parte proprio del nucleo.

Ma disgraziatamente la determinazione dei fosfatidi e più della vera lecitina non è altrettanto facile, come quella della colesterina, sicchè le cifre del contenuto dei tessuti in fosfatidi ci fanno difetto. Si dice che nel cervello si trovi almeno altrettanta lecitina quanta colesterina, ma le determinazioni che si possiedono sono scarse e poco degne di fiducia.

Non entriamo nella discussione che si riferisce alla vera costituzione della lecitina e al modo di isolare questo corpo importantissimo dai prodotti simili, noi intendiamo riferirci in via generale a lipoidi contenenti fosforo senza dar loro il nome di lecitine, se non dal grosso punto di vista del contenuto di fosforo e di azoto.

Sappiamo bensì che il determinare il contenuto di lecitina di un organo dalla quantità di fosforo dell' estratto alcoolico o etereo rappresenti larga sorgente di errore, che non si avrebbe tenendo conto anche della quantità di azoto, ma per noi era sufficiente il determinare la variazione dell' elemento che caratterizza il fosfatide, cioé il fosforo per arguirne l' influenza esercitata da un solvente improprio come l' acqua distillata, materiale, che secondo gli sperimentatori potrebbe facilitare il passaggio dei fosfatidi nell' estratto etereo, quando l' estrazione ne fosse praticata sopra organi freschi in confronto di estrazioni sopra organi secchi.

Il veder aumentare o diminuire il fosforó della sostanza cerebrale rappresentava un argomento valido sopra la presenza di maggiore o minore copia di fosfatidi in confronto della colesterina ad altri grassi non fosforati.

La principale nostra ricerca riguardò per ora i lipoidi in totale, ma le determinazioni eseguite anche sul fosforo e sull' azoto del cervello tendono ad illuminarci sulla attitudine dell' acqua distillata ad estrarre piuttosto una sorta di lipoidi, che un' altra e può servire almeno come punto di partenza di ulteriori indagini sperimentali.

Le esperienze, alcune delle quali debbo ai miei allievi carissimi Dottori Liuzzi, Filiani e Palmiotto, furono eseguite su cani in buone condizioni di salute, alimentati egualmente tutti e tenuti in laboratorio per un certo periodo di tempo prima delle prove.

Ho eseguito la perfusione dell'acqua distillata nella carotide al collo volendo ottenere rapidamente l'asportazione dei lipoidi rispettivi dalla sostanza cerebrale. Si è osservato sempre un forte esoftalmo dal lato corrispondente alla perfusione carotidea e nei casi di prolungata azione anche un lieve esoftalmo dal lato opposto. Gli animali presentavano fatti di aritmia progressivamente crescente, respiro rallentato e mano a mano più lento e profondo, agitazione prima con iscosse fibrillari e poi contrazioni toniche di tutti i muscoli con pause di rilasciamento e torpore generale. Quando il respiro si arrestava presto si è eseguita la respirazione artificiale.

L'animale era ucciso durante quest'ultimo stato ed alla necroscopia si trovava il cervello anemico, il cuore dilatato, il polmone esangue, fegato e reni pure pallidi, milza normale, intestino anemico, vescica ora piena ora vuota.

Il cervello veniva diviso con un taglio antero posteriore in due metà eguali il più che fosse possibile, non si notavano differenze cospicue nel peso delle due metà ed anche il contenuto percentuale di acqua delle due metà non si mostrava diverso, certamente in ragione delle anastomosi del circolo del Willis.

Credo opportuno il trascrivere il protocollo di una delle esperienze eseguite:

2 aprile 1917 ore 15,30 - Cagna quattrocchi bastarda - pesa Kg. 13,800 in principio di gravidanza.

Ha mangiato stamattina alle 7.

Si inietta nella carotide sinistra $H^{\circ}O$ a 40° - ore 15,41 cc. 134 in 2′ - ore 15,45 cc. 80 in 1′, si hanno movimenti fibrillari nel muso e nel collo, agitazione, esoftalmo a sinistra, riflessi perduti da questo lato, mentre perdurano a destra.

Il respiro rallenta e dopo qualche movimento artificiale torna abbastanza normale per ritmo, ma lento e superficiale.

Ore 15,53 cc. 150 di $H^{\circ}O$ in 2′.

Il respiro rallenta di nuovo e si arresta. Si eseguisce allora la respirazione artificiale.

Ore 16,8′ cc. 30 di $H^{\circ}O$ in 30″. Il respiro ritorna alle 16,15′. I muscoli della mandibola sono contratti, il riflesso corneale sinistro è ritornato.

Ore 16,15′ si iniettano altri 100 cc. in 2′, 30″.

Il respiro si fa più lento e alle 16,34′ avendo iniettati cc. 150 di $H^{\circ}O$ in 5′,30″ si ha agitazione, respiro superficialissimo e finalmente arresto respiratorio. Si eseguisce la respirazione artificiale fino alle 16,53′ quando la respirazione torna naturalmente.

Alle ore 17 iniettati altri 150 cc. di $H^{\circ}O$ in 5′ torna a mancare il riflesso corneale a sinistra, eseguita altra iniezione di 150 cc. in 5′, alle 17,14′ il respiro si fa superficialissimo, alle 17,33′ nuova iniezione di 20 cc. in 3′ ed ultima di 70 cc. in 3′ alle 17,38′. Il respiro è appena visibile e l'animale è decapitato alle 17,45′.

Nell'encefalo non si osserva differenza negli emisferi, divisi però il più esattamente possibile col coltello si trova che l'emisfero destro pesa gr. 38,70 ed il sinistro gr. 40,40.

Si tagliuzzano e si mettono a seccare a bagno maria sopra due piatti di porcellana.

La quantità di acqua introdotta fu di cc. 1034 in 29′,30″, il che porta un tasso di introduzione di cc. 74,92 per Kg. di cane e di cc. 2,53 per Kg. e per minuto primo.

Non è necessario intrattenersi sul metodo seguito per la determinazione della quantità d'acqua contenuta nel cervello, nè per quella dei lipoidi cerebrali avendone già detto nei miei lavori precedenti.

Quanto alla determinazione del fosforo, mi sono valso del metodo del Naumann e per quella dell'azoto del processo del Kijeldahl.

Tabella I.

**Condizioni di iniezione e di esperienza. Acqua e lipoidi del cervello.**

| Numero d' esperienza | Peso del cane in Kg. | Tempo fra introduzione e morte | Totale acqua iniettata | Totale acqua per Kg. | Totale acqua per Kg. e minuto | Peso del cervello | $H^2O$ del cervello per 100 | Lipoidi del cervello per 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 9,— | 48′ | 1120 | 124,44 | 2,59 | 85,— | 80,34 | 9,97 |
| II | 18,— | 39′ | 2240 | 124,44 | 3,19 | 89,— | 80,— | 10,2 |
| III | 26,— | 1ʰ, 20′, 20″ | 3200 | 123,— | 1,54 | 95,— | 80,70 | 9,98 |
| IV | 5,— | 30′ | 382 | 76,40 | 2,54 | 64,— | 76,20 | — |
| V | 6,400 | 34′ | 630 | 98,4 | 2,89 | 57,— | 78,— | 11,35 |
| VI | 6,— | 19′, 30″ | 560 | 93,3 | 4,78 | 74,— | 76,90 | 12,14 |
| VII | 4,— | 28′-30″ | 246 | 61,5 | 2,15 | 58,— | 76,80 | 12,20 |
| VIII | 10,— | 32′, 30″ | 530 | 53,— | 1,63 | 70,— | 76,72 | 12,31 |
| IX | 16,900 | 41′, — | 604 | 35,7 | 0,87 | 78,— | 76,32 | 13,22 |
| X | 13,80 | 2ʰ, 4′ | 1034 | 74,9 | 0,60 | 79,1 | 79,38 | 10,68 |
| normale 1914 | — | — | — | — | — | — | — | 12,38 |

Questa tabella riassuntiva dimostra che la quantità di acqua rimasta nella compagine cerebrale non è solamente in ragione della copia introdotta, ma anche della velocità della introduzione stessa. Tuttavia concorrono entrambi i dati per produrre il massimo effetto, ma il più importante è certamente la copia di introduzione relativa cioè per Kg. di animale. Le cifre normali di acqua per 100 di sostanza cerebrale complessiva sono state già da me determinate in altri miei lavori in ragione del 76 al 77 di acqua per 100 di sostanza cerebrale.

Noi vediamo che in queste ultime esperienze là dove l'introduzione di acqua fu minore cioè da 35 a 76 per Kg. di cane, si ebbe che l'acqua del cervello sorpassò di poco il 76 %.

Con dosi invece più elevate si ebbe un contenuto di acqua del cervello da 78 a più di 80 %, quasi la percentuale della pura sostanza grigia!

Questo dato ci serve di richiamo agli eventuali maggiori effetti sui lipoidi.

Se ci riferiamo alle mie ricerche del 1914, vediamo che il contenuto normale dei lipoidi nel cervello del cane era di 12,38 %. Antichi dati che tutti gli autori riportano dal Petrowski darebbero nel manzo un contenuto di 11,96 di lipoidi per 100 di sostanza

cerebrale fresca. Invece il Baumstark nell' uomo avrebbe trovato appena il 5,98 % comprendendo protagone e colesterina libera e combinata.

Thudichum sopra 100 parti di sostanza fresca pure nell' uomo eseguendo la determinazione sul solo emisfero destro avrebbe trovato appena 3,93 % riunendo cefalina, lecitina, e colesterina, ma è certo che la suddivisione dei lipoidi coi vari mezzi di analisi fa perdere parte delle sostanze che si ricercano. Se si opera con estrazioni eteree o alcooliche prolungate negli apparecchi a ricadere del Soxhlet, un materiale rappresentato da grassi neutri o acidi, che non hanno a che fare con la colesterina vera o coi fosfatidi, ma che pur deve avere un' importanza biologica notevole, si aggiunge al computo dei lipoidi sopra detti.

È comunque più opportuno di prendere sempre come termini di confronto dati ottenuti col medesimo metodo e per questi dunque nelle mie esperienze la cifra normale sarebbe di 12,38 per 100 di sostanza cerebrale.

Nelle ricerche attuali il cane in cui si iniettò la dose minima di $H^2O$ e con la minima velocità di introduzione aveva 13,22 di lipoidi nel suo cervello e in questo infatti la quantità dell' acqua contenuta fu la minima cioè 76,32 vale a dire presso a poco la quantità normale. Il contenuto di lipoidi può considerarsi anch' esso normale o almeno uno dei valori massimi normali, essendosi riscontrato appunto il valore di 13 % di lipoidi in uno dei casi normali da me studiati nelle ricerche sopra richiamate.

Se ora nella tabella cerchiamo i valori corrispondenti alle maggiori introduzioni di acqua distillata e cioè da 74 cc. a 124 per Kg. di cane, notiamo innanzi tutto che l' acqua rimasta nel cervello è molto abbondante e cioè da 79 a 80 % di sostanza cerebrale e il contenuto dei lipoidi è diminuito a meno di 10 da 12 o 14 che rappresentava la cifra normale.

*L' acqua distillata così perfusa può dunque sottrarre lipoidi al cervello e modificare profondamente il ricambio cerebrale, dato che ai lipoidi stesso competa, come non é dubbio, una importante funzione regolatrice dello scambio coi liquidi interstiziali.*

Ma si sa anche che la colesterina ed i grassi non hanno affinità con l' acqua specialmente se distillata, vien fatto quindi di chiedersi, se la deficienza di lipoidi sia dovuta ad asportazione non già di colesterina e di grassi neutri, ma di fosfatidi in genere o di lecitina in ispecie, che nell' acqua possono dare emulsioni.

Nella tabella 2ª sono riunite le cifre che si riferiscono alle determinazioni di fosforo o di azoto, più i computi formati per risalire al contenuto di fosforo organico e lecitinico.

Tabella II.

**Fosforo e azoto del cervello.**

| Numero d'esperienza | Fosforo totale per % di cervello fresco | Azoto totale per % di cervello fresco | Fosforo nucleinico calcolato dal totale detratto il 23 % di inorganico | Lecitina calcolata dal valore precedente |
|---|---|---|---|---|
| I | 0,325 | 0,898 | 0,217 | 1,19 |
| III | 0,334 | 0,887 | 0,223 | 1,21 |
| IV | 0,342 | 0,966 | 0,229 | 1,25 |
| VI | 0,335 | 0,913 | 0,224 | 1,22 |
| VII | 0,353 | 0,902 | 0,236 | 1,28 |
| VIII | 0,378 | 0,920 | 0,253 | 1,38 |
| X | 0,352 | — | 0,235 | 1,28 |
| normale | — | — | 0,559 | 3,04 |

Per determinare la quantità di lecitina potevano servire le determinazioni del fosforo e dell'azoto, ma esse sono semplici saggi, che possono dare solamente una luce indiretta. Si è detto sopra che neppure la determinazione del fosforo di un lipoide permette di dosarvi la lecitina contenutavi, perchè non la sola lecitina contiene fosforo; bensì potrebbe l'azoto, quando lo si trovasse in determinate proporzioni col fosforo.

Le mie determinazioni di azoto non possono disgraziatamente prestarsi a questa indagine perchè eseguite sulla sostanza cerebrale in toto e non sul lipoide estratto.

Esse avevano uno scopo generico e tendevano a ricerche complessive che saranno continuate. Possiamo qui discutere semplicemente il fatto di un aumento dell'azoto totale, che non si adatta per nulla alla diminuzione dei lipoidi e deve ritenersi solamente un fenomeno secondario di alterato ricambio. Forse nel grave disturbo generale del ricambio organico si è avuta scomposizione di sostanze proteiche e liberazione di ammoniaca che ha potuto fissarsi sulla sostanza cerebrale, forsanche non abbiamo a che fare che con oscillazioni intorno ad un valore normale.

Comunque, mette conto di notare che noi prendendo come punto di partenza un valore relativamente normale per riguardo alla piccola quantità di acqua introdotta e fissata,

vediamo che l'azoto da 0,902 - 0,913 - 0,920 è giunto fino a 0,966 presentando però anche un minimo di 0,898 in un caso.

Abbandonando quindi il referto relativo all'azoto, crediamo di avere maggior costrutto dal rilievo del contenuto di fosforo totale.

Noi sappiamo dal Geoghegan che il fosforo inorganico rappresenta il 23 % della totalità del fosforo del cervello e però possiamo togliere dalle cifre totali da noi ottenute questa percentuale e calcolare così il fosforo organico.

Vediamo allora che tanto se facciamo il confronto col fosforo dei lipoidi determinato nelle mie esperienze del 1914 (*) in gr. 0,559 di $P^2O^5$ % di sostanza cerebrale fresca, come se confrontiamo i casi della maggiore asportazione di lipoidi con quelli della minima asportazione cioè col N. VIII, ci troviamo di fronte ad una forte diminuzione di fosforo.

Si noti che il dato del 1914 cioè la determinazione fatta dai lipoidi deve ritenersi parziale perchè riguardante solamente fosfatidi, mentre il fosforo organico calcolato per differenza deve contenere anche quello dei nucleo-proteidi, che l'alcool certamente non estrae e che non possono quindi essere passati fra i lipoidi.

La diminuzione sulla base della cifra dei lipoidi cioè di 0,559 % di sostanza cerebrale raggiungerebbe un massimo del 61 % del fosforo dei fosfatidi e un minimo di 54 nel caso, in cui la cifra dei lipoidi non potè considerarsi veramente inferiore al normale. D'altra parte secondo Baumstark la lecitina in condizioni normali si troverebbe nel rapporto di 2,09 % di sostanza fresca e nei nostri casi anche valutando come fosforo di lecitina, quello che è anche attribuibile alla nucleina, si avrebbero cifre che variano da 1,19 a 1,38.

Questo computo ci porta dunque a ritenere dimostrato quanto a priori doveva attendersi e cioè che l'acqua distillata perfusa nel cervello asporti fra i lipoidi non già la colesterina e gli altri grassi, ma bensì i fosfatidi e la lecitina. Se notiamo che la lecitina secondo gli autori più competenti contiene il 4 % di fosforo, cioè il 18, 32 di $P_2O_5$ e calcoliamo con questo dato quanta lecitina potrebbe rappresentare la differenza fra il 0,559 delle cifre normali e il 0,217 per es. dell'esp. I, vediamo che la differenza stessa di 0,342 corrisponderebbe a 1,87 di lecitina.

Nel fatto, in quella esperienza mancavano 2 gr. di lipoidi per 100 di sostanza cerebrale e però bisogna conchiudere, che la diminuzione di fosforo non riguarda la sola lecitina, ma altri fosfatidi più ricchi di fosforo, come i triamminodifosfatidi, giacchè non può trattarsi di monoamminodifosfatidi, che nella sostanza cerebrale non si trovano, ma bensì nella muscolatura del cuore e altrove.

Le nostre ricerche, che come ripeto qui, non sono che un saggio, hanno dimostrato che la perfusione di acqua distillata nel cervello, gli sottrae dei lipoidi e fra questi specialmente dei fosfatidi come la lecitina.

---

(*) N. B. - Avverto il lettore che nella pubblicazione mia qui accennata è incorso un errore di calcolo nelle cifre corrispondenti all'anidride fosforica, che devono essere tutte duplicate, perchè si è usata per la titolazione una soluzione $\frac{\text{norm.}}{5}$ di NaHO invece della $\frac{\text{norm.}}{10}$

In ragione di questo fatto possiamo anche renderci conto dei fenomeni di eccitamento, che si notano nei cani in queste condizioni e che secondo i risultati delle mie esperienze sull' azione della lecitina, possono ascriversi ad una abbondanza relativa di colesterina nel cervello ed a una deficenza di lecitina.

Questa è almeno una interpretazione, ma altro può benissimo pensarsi che avvenga in un cervello in cui tanta parte, fino al 16 % dei lipoidi normali è stata sottratta e la cellula nervosa deve trovarsi in una condizione anormalissima del suo ricambio per la lesione della membrana cellulare e del suo contenuto.

# BIBLIOGRAFIA

(1) A. Bouchard. Sur la méthode des injections intraveineuses et sur l'application de cette méthode à l'étude de quelques effects de l'eau, de l'alcool, de la glycerine, de la créosote, de la résorcine et de l'antipirine, *Compt. rend. de la Societé de Biologie 1884 pag. 732.*

(2) F. Vitali. Sull'azione della milza, del rene e del fegato nell'emoglobinemia e nell'emoglobinuria. *Bullettino delle Scienze Mediche Chirurgiche 15 Marzo 1900.*

(3) Bosch et Videl. Récherches sur l'action toxique de l'eau distillée en injections intraveineuses *Compt. rend. de la Societé de Biologie 1896 pag. 612.*

(4) Lamma Dott. Carlo. Sugli effetti delle iniezioni endovenose di acqua distillata nei cani. — *Arch. di Farmacologia e Terapeutica.* Palermo Vol. X fasc. 1-2, 1902.

(5) Cocchi Dott. Giuseppe. Sugli effetti delle iniezioni endovenose di acqua distillata nelle cavie. — *Arch di Farmacologia sperimentale e scienze affini.* Roma 1902 Vol I fasc. 8.°

(6) Ivo Novi. La concentrazione del sangue come condizione di stimolo per il sistema nervoso centrale. — Firenze. *Lo sperimentale* 1887.

Lo stesso. Alterazioni della composizione della saliva per modificazioni della crasi del sangue. — *Archivio per le Scienze Mediche* XII N. 7.

Lo stesso. Influenza del cloruro di sodio sulla composizione chimica del cervello. — *Bullettino delle Scienze Mediche.* Serie VII vol. I. 1890.

Lo stesso. Azione disintegrante del cloruro sodico sul cervello. — 1910. *Memorie della R. Accad. delle Scienze di Bologna.* Serie VI, Tomo VII, pag. 211-256.

(7) Galli Dott. Gallo Quinto. Dell'azione del cloruro di sodio sull'ossigeno mobile del sangue. — 1902. *Arch. di Farmacologia e Terapeutica.* Palermo Vol. X. fasc. 3-4.

Finzi Dott. Roberto. Modificazioni della composizione della saliva per alterazioni della crasi del sangue dovute ad iniezioni endovenose di fosfato neutro di sodio. — *Bullettino delle Scienze Mediche.* Bologna, 1902. Serie VIII, Vol III.

Ferrari Dott. Giuseppe. Modificazioni della composizione della saliva per alterazione della crasi del sangue dovute ad iniezione endovenosa di solfato sodico. *Bullettino delle Scienze Mediche di Bologna 1902.* Serie VIII, Vol. II.

Marinelli Dott. Giovanni. — Influenza del cloruro di sodio sulla composizione chimica del sangue. — 1902 *Arch. di Farmacologia e Terapeutica.* Palermo Vol. X, fasc. 3-4.

Veronesi Dott. Carlo. Alterazioni della composizione chimica del fegato in seguito ad iniezioni di cloruro sodico nel circolo portale. — 1902, *Bullettino delle Scienze Mediche.* Serie VIII, Vol. III.

(8) Ivo Novi. Azione disintegrante cerebrale del cloruro sodico in soluzioni fisiologiche. — 1911. *Memorie della R. Accad. delle Scienze di Bologna.* Serie VI. Tomo VIII, pag. 205-231.

(9) Ivo Novi. Determinazioni qualitative e quantitative dei lipoidi cerebrali nella narcosi cloroformica. — 1914. Nota 1.ª *Memorie della R. Accademia delle Scienze* Bologna, Serie VII, Tomo I, 245-302.

(10) Carati Dott Ernesto. I lipoidi cerebrali di cani cloroformizzati e la loro azione biologica. — 1914. *Bullettino delle Scienze Mediche.* Serie IX. Vol. 2, pag. 153-165.

(11) Ivo Novi. Rapporti della lecitina con la narcosi cloroformica ed eterea. — 1915. Nota 2.ª *Memorie della R. Accademia delle Scienze in Bologna.* Serie VII, Tomo II 267-401.

(12) Dott. Giuseppe Pellacani. Ricerche sulle variazioni quantitative dei lipoidi cerebrali nell'avvelenamento cronico da alcool etilico e nella narcosi alcoolica. *Rivista sperimentale di freniatria* Vol XLII fasc. II, 1916.

(13) Ivar Bang. Chemie und Biochemie der Lipoide. Wiesbaden 1911, pag. 20.

# INDICE


**G. Tizzoni e G. De Angelis** — *Ricerche microscopiche sui congelati. Contributo alla patogenesi della congelazione* (con due tavole) . . . . . Pag. 3

**A. Cavazzi** — *Sulla determinazione del fosforo nella ghisa* . . . . . » 23

**A. Razzaboni** — *Sulle superficie con un sistema di linee di curvatura a flessione costante* . . . . . » 29

**S. Canevazzi** — *Archi elastici ribassati. Metodo abbreviato di calcolo* (con una tavola) . . . . . » 43

**A. Righi** — *Sulla ionizzazione prodotta dai raggi X nel campo magnetico* (con figure) . . . . . » 53

**G. Ciamician e C. Ravenna** — *Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali.* IX. Memoria (con due figure) . . . . . » 71

**A. Cavazzi** — *Di un errore non lieve sulla solubilità del carbonato di calcio nell' acqua bollente.* . . . . . » 87

**F. Guarducci** — *Sui triangoli formati da tre geodetiche sull' Ellissoide terrestre* » 99

**P. Burgatti** — *I teoremi del gradiente, della divergenza, della rotazione sopra una superficie e loro applicazione ai potenziali* . . . . . » 103

**P. Albertoni e L. Dertil** — *I fermenti diastasici e la mobilizzazione dello zucchero nell' organismo* . . . . . » 113

**L. Amaduzzi** — *Stratificazioni e temperatura* (con figure) . . . . . » 123

**A. Baldoni** — *Sugli insuccessi della nevrectomia del tibiale anteriore e posteriore nei solipedi* . . . . . » 127

**G. Capellini** — *Avanzi fossili di cetacei a fanoni del R. Museo Geologico di Bologna.* . . . . . » 135

**M. Rajna** — *Osservazioni meteorologiche dell' annata 1916, eseguite e calcolate dall' astronomo R. Pirazzoli e dall' astronomo aggiunto G. Horn nell' Osservatorio della R. Università di Bologna*. . . . . Pag. 155

**F. Cavani** — *Sulla pendenza delle principali Torri di Bologna, Modena e Pisa* » 187

**G. Ruggi** — *Patogenesi e cura delle lesioni del nervo radiale consecutive a ferita d' arma da fuoco del plesso vascolo-nervoso-ascellare e della parte alta ed interna del braccio* (con undici figure a colori) . . . . . » 199

**A. Baldacci** — *Intorno al Bosso di Orico*. . . . . » 205

**L. Beccari** — *Sul comportamento dell' ammoniaca nell' organismo*. . . . . » 213

**D. Majocchi** — *Sulla trasmissibilità della sifilide al coniglio mercè l' innesto di condilomi acuminati provenienti da soggetti sifilitici* (con una tavola) . » 231

**I. Novi** — *Effetti di acqua distillata circolante nel sangue sui lipoidi del cervello* » 245

Finito di stampare
Settembre 1917

BOLOGNA

TIPOGRAFIA GAMBERINI E PARMEGGIANI

—

1918

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01305 0901